
FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

TRATADO
DE
FORTIFICACION,
ó
Arte de conſtruir los Edificios Militares, y Civiles.

ESCRITO EN INGLES,

POR JUAN MULLER.

TRADUCIDO EN CASTELLANO,
DIVIDIDO EN DOS TOMOS,
Y AUMENTADO CON NOTAS, ADICIONES,
y 22. Laminas finas ſobre las 26., que iluſtran
al Original,

POR D. MIGUEL SANCHEZ TARAMAS,
Capitan de Infanterìa, è Ingeniero Ordinario de los Exercitos de S. M., actualmente empleado en la enſeñanza de la Real Academia Militar de Mathematicas eſtablecida en Barcelona.

TOMO PRIMERO.

CON SUPERIOR PERMISO.



Barcelona: Por THOMAS PIFERRER Impreſor del Rey nueſtro Señor, Plaza del Angel. Año 1769.


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

AL EXC$^{MO.}$ SEÑOR.

DON JUAN GREGORIO MUNIAIN,

Caballero Comendador de Bien-Venida en la Orden de Santiago, Teniente General de los Exercitos de S. M., Capitan General del Exercito, y Provincia de Estremadura, Secretario de Estado, y del Despacho Universal de la Guerra, &c.

EXC$^{MO.}$ SEÑOR.

El temor de la censura comun, ò el afán de fomentár el escritor su fortuna,

ſuelen ſer los motivos mas ordinarios, que hacen conſagrar los Libros à las Perſonas conſtituìdas en elevada Dignidad:pero de mi parte, aſeguro con verdad à V. Exc. que ninguno de eſtos tube preſente quando ſolicitè el permiſo con que V. Exc. me ha honrado, para dedicarle eſte corto producto de mi aplicacion; por que ocupado enteramente en el ardentiſimo deſeo de concurrir con mis tareas al mejor ſervicio del Rey, y

bien

bien de la Patria, no pudo proponerſe otros fines ni mi deſconfianza,ni mi modeſtia.

Tampoco imploré la Proteccion de V. Exc. por el ſingular aprecio, que generalmente hace de las Ciencias, y de las Artes: porque ſiendo eſta qualidad caracteriſtica de todo hombre grande, no me hubiera ſido dificil hallar muchos Mecenas, ſin moleſtar la ocupadiſima atencion de V. Exc. Ni la conſideracion de que en mi Pais de Eſtremadura ſe

ha

ha diſtinguido V. Exc. como el mejor Patricio, favoreciendo à los naturales de aquella Provincia con repetidas pruevas de ſu benevolencia: Ni, lo que ès mas, el univerſal aplauſo que debidamente tributa todo el Exercito à V. Exc. por el acierto con que deſempeña el alto Miniſterio de la Guerra; con ſer uno, y otro para mi poderoſos incentivos, nunca los contè por principales pretextos de mi ſuplica.

El

El unico, que, ſin deſatender à los demás, ſiempre tube por objeto, conſiſte en la eſpecial inclinacion que merece à V. Exc. quanto concierne à la facultad de Ingeniero, y el conocimiento nada vulgar que posée de ella. Eſta perſuaſion, me determinò à ofrecer à V. Exc. eſte *Tratado de Fortificacion* ò *Arte de conſtruir los Edificios Militares*, y *Civiles*, que traducido del Ingles, y aumentado con algunas Notas,

tas,

tas, y Adiciones, pretendo dàr à luz baxo los auſpicios de V. Exc., para que los Oficiales, y Cadetes, que ſe dediquen à continuar ſu merito en el Cuerpo de Ingenieros, hallen en nueſtro proprio Idioma eſtas oportunas reglas, que les dirijan en la conſtruccion de los Edificios Militares. Si, Señor Exc$^{mo.}$, eſte motivo unicamente, me quitò la accion de buſcar otro amparo que el de V. Exc., para proteger,

ger, y autorizar con ſu nombre mi trabajo. Por que, ¿à quien debe acudir el eſtudioſo, ſino à los que inſtruìdos en la facultad, que profeſan, ſon Jueces competentes, para diſcernir la utilidad que la Obra puede ceder al bien del Real Servicio, y del Pùblico?: Por lo miſmo, Exc^mo. Señor, la preſento à V. Exc., como tambien para dar un teſtimonio de la gratitud que me correſponde, por Individuo de un Cuerpo à

quien V. Exc. favorece tanto.

Dios guarde la importante Vida de V. Exc. muchos años, como deseo, para honor, y credito de la Monarquia. Barcelona 29. de Diciembre de 1769.

EXC$^{MO.}$ SEÑOR.

B. L. M. de V. Exc.
Su mas atento servidor, y subdito,

Miguel Sanchez Taramas.

AL

AL EXC^MO. SEÑOR.

DON JUAN MARTIN

ZERMEÑO,

Teniente General de los Reales Exercitos, è Ingeniero General de todos los Dominios de ſu Mageſtad Catòlica, &c.

EXC^MO. SEÑOR.

SIENDO notorio, que el generoſo animo de V. Exc. eſtà ſiempre diſpueſto à fomentar, y proteger la aplicacion de los Individuos del Cuerpo de Ingenieros, tengo baſtante motivo para liſongearme de que en la conſideracion de V. Exc., hallarà la mia todo el favor, que neceſito para hacerla util al mejor Servicio de S. M. Llena mi confian-

za de eſte honeſto deſeo, no eſcuſo hacer preſente à V. Exc., que reflexîonando muchas veces ſobre los varios ramos, que comprehende la Profeſion importantiſſima de Ingeniero, ya en las diferentes Obras que pertenecen à la conſtruccion, y conſervacion de las Plazas, ò ya por las que ſe ofrecen en la formacion de los Puertos, Muelles, Darſenas, y otros Edificios Militares; he tenido ocaſion para advertir la neceſidad que hay de algun Tratado, ò Eſcrito particular, de donde los Jovenes Ingenieros puedan ſacar las luces convenientes, para conducirſe con acierto en la prà*c*tica de las Reales Obras, ſin recurrir à diverſos libros eſtrangeros.

Ocupada mi imaginacion de eſta importante idea, y llevado de mi genio laborioſo, al propio tiempo que eſtoy perſuadido de mi inſuficiencia para formar alguna Obra, que fueſe de la apetecida utilidad; reſolvì aprovecharme de las agenas, y no dexar ocioſos, ni los pocos ratos que me franquèa mi deſtino à la enſeñanza en eſta Real Academia, ni el anſia de concurrir en quanto pueda con mi aplicacion al bien de la Patria. A eſte fin, he traducido à la Lengua Caſtellana el Tratado de Fortifica-

ficacion, ò Arte de conſtruir los Edificios Militares, y Civiles, *que en el año de 1755. diò à luz en Idioma Ingles* Juan Muller, *Profeſor de Artilleria, y Fortificacion en la Academia de* Woolwich. *Comprehende eſta Obra quanto es neceſario, para que los Jovenes Ingenieros adquieran un conocimiento general de todas las partes de eſte ramo de ſu Profeſion; que ès el objeto principal que ſe propuſo el Autor para eſcribirla; y à fin de facilitar ſu inteligencia, divide los aſuntos en quatro partes.*

En la primera, expone, y demueſtra una nueva Theoria de los Muros, Arcos, Bovedas, y Maderas, deducida de los Principios de Mechânica mas ſencillos, y naturales, que hacen ſu aplicacion à la Prâctica, no menos facil, que ſegura, y util.

En la ſegunda, trata del conocimiento, y exâmen de los Materiales en general, con el modo de beneficiarlos, y emplearlos.

En la tercera, explica las Maxîmas mas provechoſas, que determinan la ſituacion, y utilidad de las Plazas; y el metodo de trazar, calcular, y executar ſus Obras ſobre el terreno, con el que pertenece à la

fa-



fabrica de todos los Edificios Militares que las acompaña en qualquier genero de ſuelo.

Finalmente en la quarta, trahe la conſtruccion de las varias eſpecies de Edificios que ſe eſtablecen dentro de la Mar, ò de Rios caudaloſos; con cuyo motivo, habla de las diferentes pràcticas que ſe acoſtumbran en Francia, Inglaterra, y Ruſſia, para la fabrica de los Puentes, Puertos de Mar, Muelles, Diques, Incluſas, y otras Obras de la miſma naturaleza.

Inſiguiendo la propia idea del Autor, y ſin cortar el hilo de la Traduccion, he procurado agregar à eſta varias Notas, y Adiciones, en todos los parages, que neceſitaban de mayor explicacion, haciendola recaèr determinadamente ſobre algunos de los muchos Edificios recomendables, que de toda eſpecie tenemos en Eſpaña, executados dentro, y fuera del agua, aſi por los Antiguos, como por los Modernos; ò bien à fin de exponer algunas Reglas, que ſeñalan los mas claſicos Eſcritores, para la fabrica de otros, importantes al bien del Eſtado, y proprios de la inteligencia de un Ingeniero. Deforma, que en eſte Tratado, ſe incluyen ſubſtancialmente los mejores documentos, que ſe hallan ex-

pli-

plicados en las Obras mas celebradas de Arquitectura Militar, y Civil; haciendoſe tanto mas apreciable, quanto en un corto volumen ofrece al Eſtudioſo la mas expeditiva, y pronta inſtruccion en el Arte de conſtruir con diſcernimiento, ſolidéz, y economía toda claſe de Edificios Militares, ò que pertenezcan al beneficio público, aplicando ſolamente los Principios de Mathematica que ſe enſeñan en eſta Real Academia, ò en las demàs que S. M. tiene eſtablecidas al cargo del Cuerpo de Ingenieros.

En eſte concepto, paſo à manos de V. Exc. el manuſcrito, para que diſpenſandome toda ſu benevola condeſendencia, tenga à bien, no ſolo reconocerlo, y darme ſi lo hallàre conveniente, la licencia de ſolicitar la que convenga para imprimirlo; ſino tambien, para que al proprio intento, ſe digne V. Exc. honrarme con ſu poderoſo apoyo, y recomendacion.

Debo aſegurar à V. Exc. con mi natural ſinceridad, que el deſvelo, y trabajo que he tenido en el todo de eſta Obra, lo darè por bien empleado, y habrè cumplido todos mis votos, ſi con èl puedo lograr, que mi aplicacion contribuya en algo al mejor Ser-

vicio

vicio del Rey, y bien de la Patria; cuyo objeto, y unico fin de mis tareas, espero me faciliten en V. Exc. el disimulo de los errores, que haya cometido.

Nuestro Señor guarde la importante Vida de V. Exc. los muchos años que necesito, y deseo, para proteccion de los Estudiosos, y gloria de la Nacion. Barcelona 8. de Septiembre de 1768.

EXCMO. SEÑOR.

B. L. M. de V. Exc.
Su mas obligado subdito,
y reconocido servidor,

Miguel Sanchez Taramas.

RES-

RESPUESTA DEL EXCMO. SEÑOR Don Juan Martin Zermeño, &c. al Capitan, è Ingeniero Ordinario, Don Miguel Sanchez Taramas.

MUY Señor mio: Habiendo visto, y reconocido el Tratado de Fortificacion, ò Arte de construir los Edificios Militares, y Civiles, que V. md. ha traducido del Ingles, y aumentadole con varias Notas, y Adiciones relativas al proprio asunto; le considero utilisimo al Servicio del Rey, y le hallo muy adèquado para los fines laudables que V. md. se ha propuesto. Por lo mismo apruebo el zelo, y aplaudo la aplicacion con que ha trabajado V. md. en el complexô de este Escrito: y no solamente concedo à V. md. la licencia que me pide de solicitar la conveniente para imprimirlo; mas tambien condesciendo gustoso en aplicar mis oficios al logro de la justa satisfaccion que V. md. pretende, como ya los tengo anticipados al Señor Ministro de la Guerra, informandole del merito, y circunstancias de esta Obra. Que ès quanto se me ofrece decir à V. md. para su inteligencia,

en reſpueſta à ſu Carta de 8. de Septiembre de eſte año.

Dios guarde à V. md. muchos años como deſeo: Barcelona 14. de Diciembre de 1768.

B. L. M. de V. md.
ſu mayor ſervidor,

Don Juan Martin Zermeño.

Señor Don Miguel Sanchez Taramas.

AD-

ADVERTENCIA DEL TRADUCTOR

AL QUE LEYERE.

CON las Cartas antecedentes, y el Prologo del Autor, parece no hay necesidad de otra explicacion sobre el principal objeto, y circunstancias de este Tratado de Fortificacion. Los asuntos que comprehende, se podràn ver por menor en la Tabla de las Materias, donde tambien se indican por mayor las Notas, y Adiciones con que se ha aumentado: Unas, y otras se distinguen en el impreso, ya con letra mas reducida en el fondo de las paginas, ò ya con este señal („) al fin de las Secciones, segun ha convenido à la naturaleza, y lugar de cada una.

En la traduccion, se ha procurado con el mayor cuidado, no solo la fiel equivalencia de un Idioma à otro, sino asimismo la correccion de muchos errores de Imprenta que tiene el original Ingles, singularmente en los calculos.

Las medidas, como Braza, Vara, Pie, &c. de que se hace mencion fre-

qüentemente en el diſcurſo de eſta Obra, debe entenderſe que ſon relativas al marco de Burgos, à quien ſe han reducido las del original, exceptuando las que determinadamente ſe explican en algun parage, como pertenecientes à otros Reynos, ò Provincias, con algun fin particular.

Ultimamente, como el unico objeto de la traduccion de eſte Tratado, ha ſido el de hacerle util al Servicio de S. M., y del Pùblico, no ſe ha tenido embarazo en tranſcribir ſubſtancialmente en alguna Adicion, varios documentos, que ſobre la fabrica de los Edificios, ſe encuentran en diverſos eſcritos eſtrangeros, prefiriendo en eſta pràctica (que tambien ha ſeguido el Autor Ingles), el beneficio comun à todo otro reſpecto.

TA-

TABLA

DE LAS MATERIAS, QUE SE comprehenden en este Tomo Primero.

PARTE PRIMERA.

Contiene la Theorìa de los Muros, Arcos, y Maderas, con diferentes Tablas de sus Dimenciones.

Paginas.

re-

PRO-



PAR-

PARTE SEGUNDA.

Que contiene el conocimiento de los Materiales, ſus Propriedades, Qualidades, y modo de Emplearlos.



PARTE TERCERA.

Que contiene el modo de trazar una Fortaleza ſobre el Terreno, formar el Calculo, y executar las Obras.

SEC-

ADI-

ERRA-



ERRATAS.

Paginas.	Lineas.	Dice.	Lee.
2.	16.	otra.	otras.
15.	12.	qualesquier.	qualquier.
44.	14.	*Balidor.*	*Belidor.*
65.	23.	incluyen.	incluye.
72.	25.	y del.	y la del.
107.	5.	fracmento.	fragmento.
107.	5.	sucado.	sacado.
172.	13.	le mezcla.	la mezcla.
210.	15.	se debe.	se deben.
213.	20.	convenido.	convenidos.
268.	5.	Se contentan.	Algunos se contentan.
291.	24.	pisonada.	apisonada.
424.	20.	necesario.	necesaria.

AD-

ADVERTENCIA AL LIBRERO.

Las quatro Tablas, que vàn ſueltas, y numeradas V, VI, VII, VIII, deben ponerſe deſpues de la pagina 36: Las Laminas ſe han de doblar de tal modo, que deſplegadas, ſalgan enteramente fuera del Libro; y ſu colocacion ſerà enfrente de las paginas que ſeñala el orden ſiguiente.

Laminas.	Paginas.	Laminas.	Paginas.
I.	40	XVI.	356.
II.	68.	XVII.	368.
III.	88.	2. A.	372.
IV.	96.	XVIII.	376.
V.	144.	3. A, 4. A, 5. A	384.
VI.	244.		
VII.	260.		
VIII.	272.	6. A, 7. A	388.
IX.	296.		
X.	304.	XIX, XX	392.
XI.	312.		
XII.	316	XXI.	400.
XIII.	320.	XXII.	416.
1. A.	340.	XXIII.	424.
XIV, XV	348.		

PRO-



PROLOGO DEL AUTOR.

SIendo de suma importancia saber determinar el espesor, que corresponde à los Muros, que han de sostener el empujo de las tierras, à fin de construirlos solidos, y permanentes, sin exceder de lo justo su robustez; se principia esta Obra con la Theoria general de ellos. Esta Theoria (que està fundada en los principios mas seguros), ès aplicable en todo genero de terrenos, y de casos; pues la suposicion communmente establecida por algunos Miembros de la Academia de las Ciencias de Paris, y por *Mr. Belidor*, que el declivio natural de las tierras puestas en libertad forma con el horizonte un angulo de 45. grados, solo tiene lugar en cierta clase de tierra; porque en casi todas se advierte diversa tenacidad, como lo verifica un experimento facil, que puede servir asimismo de metodo practico para averiguar el angulo, que forma el declivio natural de qualquiera especie de tierra.

Formese un monton de Tierra, recientemente movida, de 10., ò 12. pies de altura, y cortese verticalmente por uno de sus lados: dexese este corte sin tocarle por espacio de 8., ò 10. meses, que comprehendan la sazon mas humeda; y formarà el angulo, que se pide. Es verdad, que siendo heterogeneas las particulas de tierra, no formarà el declivio una superficie plana, y por consiguiente, en distintos parages variarà el angulo: pero atendiendo, que en

la pràctica no se puede lograr ; ni es absolutamente necesaria, una exâctitud geometrica; aunque este angulo se diferencie en 5. grados del verdadero, no puede ocasionar error sensible; porque este numero de grados mas, ò menos, produce poco efecto en el espesor de los muros, como se verà en la Tabla primera de las Reglas generales.

La Arena, ocasiona mayor empujo, que la Tierra; y esta mayor que la Greda: luego el hacer los Muros de igual robustez en estos tres casos, seria exponerlos à que se arruinasen en el primero, y que en el tercero consumiesen demasiados materiales. Asimismo siendo la Piedra de mayor gravedad especifica, que el Ladrillo, es evidente, que los Muros de piedra no necesitan tanto grueso, como los de ladrillo; no obstante, que los citados Autores no han hecho distincion de ellos en sus Theorias.

Algunos de mis Lectores, puede ser, que no estèn instruìdos en los principios del Algebra, para entender los que me ha sido indispensable emplear, à fin de hacer general la Theoria; y para que esta Obra sea util à todos, he añadido una Tabla, que contiene Reglas generales para determinar las dimensiones de los Muros de piedra, ò de ladrillo de qualquiera altura, con arreglo à los diferentes angulos, que forme el declivio natural de las tierras desde 80. hasta 30. grados, descendiendo 5. en cada uno, y conforme à la escarpa, que se dè à los Muros por la parte exterior. El declivio natural de la Tierra comun,

hace



hace con el horizonte un angulo de 45. grados proximamente; y como este es el caso, que mas ordinariamente ocurre en la pràctica, he calculado 4. Tablas sobre esta suposicion: dos para los Muros de piedra, y dos para los de ladrillo, desde 10. hasta 50. pies de altura, con Parapeto, ò sin èl. Estas Tablas contienen el espesor superior, è inferior de los Muros, segun la escarpa, ò talud, que se les dè exteriormente; y al mismo tiempo se expresan en ellas las dimensiones, que corresponden à los Contrafuertes, à fin de evitar à un Archîtecto el embarazo de computarlas, aunque le sea facil.

Atendiendo, à que en estos tiempos se construyen muchas Plazas, haciendo sus revestimientos de mamposterìa hasta la mitad de la altura, y concluyendolos con tepes; he juzgado, que seria muy util añadir otras Tablas, que expresassen las dimensiones de este genero de Muros; las quales son tanto mas recomendables, quanto que siendo necesarias ningun Autor las ha dado hasta ahora. Esta omision no se debe atribuir al concepto de que no serian de utilidad; sino à la dificultad de construìrlas; porque la altura de los Muros, y la de las tierras produce un numero infinito de casos en sus varias disposiciones, y por esto hubiera sido imposible comprehenderlos todos en una Tabla: Lo unico que debia esperarse era darlas de la Razon entre las mismas dimensiones, que es lo que hemos practicado.

Para no omitir nada de quanto pueda contribuir al acierto en la pràctica, he dado Proble-



mas ſobre todos los perfiles de los Muros, que haſta ahora ſe han uſado ordinariamente; comparando la cantidad de mampoſterìa, que cada uno neceſita, para conocer, y diſtinguir el mas ventajoſo; en lugar que los Autores Franceſes, que ſon los unicos, que han eſcrito ſobre eſta materia, han ſeguido implicitamente el perfil de *Mr. Vauban*, ſin exâminar, ſi no habria otro mas adequado à la naturaleza del aſunto; por cuya falta de atencion ſe han viſto en la neceſidad de hacer ſus calculos muy prolixos, y embarazoſos. Pero yo, conſiderando, que los perfiles de una miſma eſpecie de Tierras ſiempre ſon ſemejantes, he formado tambien ſemejantes los perfiles de los Muros, facilitando mucho por eſte medio las operaciones; porque en eſte caſo el eſpeſor de los muros que tienen un miſmo declivio, tienen con ſus alturas una razon conſtante.

Explico deſpues la Theoria de los Arcos, que ſe eſtima como uno de los Problemas mas dificiles de la Mechânica; porque ſin embargo, que diferentes inſignes Mathematicos han tanteado reſolverle, ninguno en mi concepto lo ha conſeguido de un modo, que ſatisfaga; pues qualquiera que lea las Obras, que han eſcrito ſobre eſte aſunto, encontrarà, que aplicando ſus Equaciones generales à algun exemplo particular, ſolo reſultan abſurdos, ò dimenſiones de tal naturaleza, que de ningun modo correſponden al intento. Algunos de eſtos Autores han ſupueſto, que las Dovelas fueſen perfectamente liſas en ſus

jun-



juntas, y aſentadas ſin mezcla, ni lechada. Otros, que la parte de Arco comprehendida entre la clave, y los riñones, ſe conſideraſe como una ſola piedra;y la otra porcion,deſde los riñones haſta el arranque, unido de tal modo al Pilar, como ſi formaſe el conjunto una ſola piedra continuada: Pero como una, y otra ſupoſicion ſon falſas, y contrarias à lo que ſe practica en los Arcos; es evidente que las concluſiones, que de ellas ſe deduzcan, no pueden ſer verdaderas.

He conſiderado ſeparadamente la preſion de cada Dobela, atendiendo à ſu peſo, y à la obliqüidad de ſu direccion, ſuponiendolas aſentadas con mezcla de tal naturaleza, que ſin conſtituir al Arco entero como una piedra ſola, evite, que ſe resbalen, ò deslicen unas ſobre otras. Con eſta ſupoſion, y algunos principios conocidos de Mechânica, ſe prueba con facilidad, que la ſuma de todas las preſiones de las Dovelas contenidas en la mitad del Arco,es igual à la preſion, que haria todo ſu peſo ſi eſtubieſe reunido en el Centro de gravedad de la mitad del Arco: por cuyo medio ſe reduce la ſolucion del Problema à encontrar los Centros de gravedad de las diferentes figuras de que ſe pueden conponer los Arcos. Eſtos Centros de gravedad ſe determinan del modo mas ſencillo, y mas facil, que ſe puede apetecer; y la reſolucion del Problema, que ſirve para deſcubrir el eſpeſor de los Pilares, ſe contiene en una Equacion Quadrada muy ſimple, è inteligible.

Se ha creido haſta ahora, aunque ſin algun fun-

fundamento, que los Arcos elipticos ſon màs debiles, y que oprimen con mas fuerza à ſus Pilares, que los de medio punto. La razon que alegan los Autores, es, que todas las juntas de un Arco circular, concurren en un miſmo punto quando ſe prolongan; de donde concluyen erroneamente, que es el mas fuerte: ſin conſiderar, que todos los Arcos rebajados neceſitan menos materiales, que los mas elevados; y que el aumento de fuerza contra los Pilares, dimanado por la mayor obliqüidad de ſus direcciones, ſe compenſa ventajoſamente con la menor cantidad de peſo, que ſoſtienen.

En los Problemas, que ſe han dado para los diferentes generos de Arcos, ha reſultado (en los que tienen igual anchura), que el eſpeſor de ſus Pilares es proximamente uno miſmo en todos; pues aunque en los circulares es algo mayor, que el de algunos otros, no merece atencion la pequeña diferencia que ſe advierte. Eſto miſmo comprueban los principios de Mechânica: porque los Arcos mas elevados, aunque ſon de mayor peſo, tienen menos obliquas las direcciones de ſus empujos; y al contrario en los rebajados, que eſtàn menos gravados de peſo, tienen mas obliquas las direcciones de ſus preſiones.

Demonſtrado eſte principio, ſe evitan facilmente muchas dificultades, que ordinariamente ocurren en la conſtruccion de las Bovedas, y Arcos. Por exemplo: ſi un Almacen de polbora, ſiguiendo el metodo ordinario, reſultaſe tan eleva-


do,



do, que se descubriese de la Campaña, se podria evitar este inconveniente construyendole con un Cañon de Boveda eliptica. Quando las Casa-matas, Surtidas, ù otras Obras subterraneas se hubiesen de construir debajo de Terraplenes de poca altura, que no permiten Bovedas cilindricas, se pueden aplicar con ventaja las elipticas. Es verdad, que los Arcos elipticos no pareceràn tan fuertes como los circulares, principalmente en los Almacenes de polbora, y por consiguiente, que son menos aptos para resistir al choque de las Bombas, que se arrojen sobre ellos; pero si se considera, que en los riñones, aunque son mas delgados, tienen mayor curbatura, y que en la clave donde son mas debiles, estàn suficientemente cubiertos con mamposterìa, para no aprehender en ella peligro alguno, se concluirà facilmente, que los Arcos elipticos son tan fuertes, como los circulares.

Pero la mayor aplicacion de los Arcos elipticos, està en la construccion de los Puentes, y parece ciertamente, que son los unicos, que se adequan à este genero de Obras; porque si los Arcos circulares tienen mucha anchura, se elevan tanto los del medio sobre los extremos, que hacen dificil el acceso del Puente à los Carruages muy cargados; y sin ser estos Arcos tan agradables à la vista como los elipticos, consumen muchos mas materiales de los que son necesarios: à que se agrega, que este grande peso pide mayores cimientos para los Pilares, y por lo comun les ocasiona algun hundimiento, quando el terreno

infe-



inferior no es muy ſolido y conſiſtente, como la experiencia lo ha manifeſtado muchas veces.

Yo no ſe, que diſculpa puede dar un Archîtecto, que conſtruye los Puentes con Arcos circulares, viſto, que neceſitan de mas ſilleria, que los elipticos, y que eſtos ſe trazan al rededor de dos puntos con la miſma facilidad, que aquellos al rededor de uno. Ni tampoco ocurre mas embarazo en determinar las juntas, y cortar las plantillas para las Dobelas ſobre el Arco eliptico, que en el circular. Aſi no tienen fundamento las dificultades, que alegan algunos Artifices para dexar de conſtruir los Arcos elipticos, que ſin contradiccion tienen muchas ventajas ſobre los demàs.

Si los Arcos del Puente de *Weſtminſter* ſe hubieran hecho elipticos, de forma, que ſus alturas ſolo fueſen los dos tercios de las que tienen; en eſte caſo el grande Arco del medio, que tiene 76. pies de ancho, y 38. de altura (medida de Londres), ſe hubiera reducido eſta à la de 25. pies, y 4. pulgadas ſolamente, y à proporcion en los demàs Arcos: La mampoſterìa de eſtos ſe habria diſminuido una tercera parte; y el piſo del Puente, que por ſu demaſiada pendiente es tan incomodo, y deſagradable à la viſta, hubiera reſultado hermoſo, y de facil aſcenſo.

Para mayor claridad, è inteligencia de los Problemas, que he dado ſobre el Empujo de los Arcos, añado à cada uno la aplicacion de un exemplo en numeros; y à fin de evitar todo embarazo, he calculado una Tabla de las dimen-

ſio-



ſiones, que correſponden à los Pilares, ò Eſtrivos de los Almacenes de polvora à prueva de Bomba, comprehendidos deſde 6. haſta 24. pies de altura. Como eſtas dimenſiones convienen proxîmamente con las que *Mr. Vauban* ha dado à diferentes Almacenes, que hizo conſtruir, los quales ſiempre han reſiſtido al esfuerzo de las Bombas, aunque hayan caìdo millares ſobre ellos; puede el Lector con toda ſatisfaccion, y ſeguridad atenerſe à las que damos en nueſtra Tabla.

La Seccion tercera comprehende la Theoria de las Maderas, aſunto no menos importante à un Ingeniero, que los anteriores, pues por èl ſe puede inſtruir del modo mas ventajoſo de ſituar qualquiera pieza de madera, dandole las dimenſiones, que deba tener, para que todo el enſamblage reſulte con igualdad fuerte, y ſeguro, ſin conſumir otra madera, que la neceſaria. Deſpues de haber determinado la proporcion de la fuerza de los Quartones de una miſma, ò diferente eſpecie de Maderas, ſituados de qualquier modo, y de varios grueſos, y longitudes; doy Tablas de las dimenſiones, que correſponden à las Vigas de todas claſes, Pares, ò Tixeras principales, y otras piezas, que ſe emplean en los Edificios grandes, y pequeños, ya ſean de Encina, ò ya de Pino: de donde ſe manifieſta, que las dimenſiones ſeñaladas à eſtas Maderas por los Archîtectos, no tienen la juſta proporcion, que les conviene.

Conſiderando, que los mas de nueſtros Archîtectos dàn à los Quartones de Encina ma-



yores dimensiones, que à los de Pino, debiendo sostener un proprio peso; y que *Mr. Parent*, Miembro que fue de la Academia de las Ciencias de Paris, asegura, haber hecho varios experimentos sobre la resistencia de las Maderas, deduciendo de ellos, que la fuerza de los Quartones de Pino, es à la fuerza de los Quartones de Encina, como 6. à 5.; me determinè à hacer yo mismo algunos experimentos, que monstrasen la verdad, ò falsedad de una suposicion tan inverosimil. Por estos experimentos descubrì, que la resistencia de la Encina mas inferior, era à la resistencia del mejor Pino que exâminè, como 8. à 7.; y comparando las mejores calidades de cada especie, como 3. à 2.; lo qual difiere mucho asi de la pràctica comun de nuestros Archîtectos, como de las experiencias de *Mr. Parent*.

Los asuntos de que tratamos en la Segunda, y Tercera Parte de esta Obra, consisten por mayor: De la formacion de un Proyecto para construir una Fortaleza: El modo de trazar las Obras sobre el Terreno: La distincion, y preparacion de los Materiales: El establecimiento de los Cimientos en qualquiera especie de Terreno: La construccion de los Muros, y Terraplenes, junto con la de todos los Edificios Militares, que se presentan baxo la Direccion de un Ingeniero; y en lo particular los verà el Lector en la Tabla de las Materias. Solo añadirèmos aqui, que nada se ha omitido de quanto hemos juzgado conducente, para que se instruya un Joven Ingeniero, à quien falta la experiencia.

En



En la Parte Quarta trato de los Edificios que ſe conſtruyen en el agua; aſunto mas extendido, y no menos neceſario de entenderlo un Ingeniero, que todos los que antes ſe han explicado: porque, ſiendo rara la Fortaleza, que no ſe conſtruye al preſente ſobre las Margenes de la Mar, Lago, ò Rio navegable, por el beneficio que reſulta al Comercio, y à la Navegacion; ſe hace indiſpenſable la fabrica de Puentes, Puertos, Incluſas, y Aqüeductos, que de ordinario ſe les agrega, y que deben executarſe por la diſpoſicion del miſmo Ingeniero que dirija las Obras de la Fortaleza; para cuyo fin he procurado aſiſtirle en todo lo que ha permitido la pequeñez de eſte Eſcrito.

Principiamos en eſta Parte con la diſcripcion de los Puentes de piedra; y deſpues de haber tratado de ſus ſituaciones, y otras previas precauciones que ſe deben tomar antes de fixar las dimenſiones; doy un Problema para determinar el eſpeſor de los Pilares de qualquiera altura, quando ſe dà conocida la anchura del Arco: y de ſu reſolucion deduzco la conſtruccion de una Tabla, que expreſa el grueſo que correſponde à los Pilares, deſde 6. haſta 24. pies de altura, para Arcos, cuyas anchuras ſe comprehendan entre 20., y 100. pies; lo qual no ha hecho Autor alguno de quantos han eſcrito ſobre eſta Materia. Es verdad, que *Mr. Belidor* ha dado una Regla para determinar el eſpeſor de los Pilares de 6. pies de alto; pero como unicamente puede ſervir para un caſo, y ſolo eſtà

fundada en la pràctica, sin que la authorice alguna Theoria, ni solida razon; es evidente, que se debe fiar muy poco de ella. Despues explico varios metodos para establecer los cimientos con ataguias, con caxones, ù otras invenciones, en diferentes profundidades de agua, y en qualquier genero de suelo; y enseño el modo de conducir la Obra desde el principio, hasta la entera conclusion del Puente, con toda la seguridad, y precauciones necesarias.

Luego trato de los Puertos de Mar, como tan importantes à una Nacion Comerciante, para preservar no solo à los Baxeles de Guerra en las grandes tempestades, sino tambien para dar asilo à las Embarcaciones Mercantiles acosadas de la desgracia. Aunque se han executado diferentes Puertos en varias partes de Europa en estos ultimos tiempos, con todo, nos hallamos muy atrasados respecto de un metodo, que nos sirviese para todo genero de situaciones. Muy pocos de los que han dirigido estas Obras, han comunicado al Público la conducta, que en ellas observaron. *Mr. Belidor* es el unico Autor, que ha escrito particularmente sobre esta Materia; pero como en la mayor parte de Francia se abunda de piedra, y que al contrario aqui en Inglaterra es muy escasa; se sigue, que el metodo de los Franceses solo puede tener muy poco uso en la mayor parte de nuestro Pais. Es verdad, que este Autor explica otros, que pueden practicarse en muchas ocasiones, los quales he procurado

in-

insertar en esta Obra, y aun he añadido algunos mas, que considero podràn servir en aquellas ocasiones en que no se puedan aplicar los del mencionado Autor.

He procurado explicar con particular cuidado, las preliminares averiguaciones, y reconocimientos, que se deben hacer antes de resolver el parage en donde se ha de fabricar el Puerto; como asimismo para la eleccion de los materiales, que se deban emplear; para la situacion de la boca del Pnerto, de forma que las Embarcaciones puedan entrar, con mal tiempo, y salir con el favorable; para el modo de establecer los fundamentos en qualquier genero de suelo, y continuar la Obra; y ultimamente para el exâmen del espesor mas adequado, que deben tener los Muelles, à fin que resistan al impetu de las Olas, y que al proprio tiempo sean comodos para embarcar, y desembarcar los efectos de los Baxeles, siempre que convenga.

Para mayor ilustracion de lo que hemos dicho, se añade el Plano, y Perfil de un Muelle proyectado, que se debia executar con Piedra, ò Ladrillo, junto con otro Plano, y Perfil del mismo Muelle dispuesto de Madera; uno, y otro propuestos en tiempo pasado, para encerrar un Puerto, que se meditaba construir. Habiendo respondido, que el fondo destinado no era suficiente para hacer la Fabrica de Piedra; propuse que solo los fundamentos se estableciesen con Piedra, y que lo demàs se podia concluir con Ladrillo, fortificandolo, y travandolo à cada 8.

pies

pies de altura con una hilada de Piedras, asseguradas con sus grapas; previniendo, que si este metodo aun todavia se contemplase muy costoso, se construyesen los Muelles con ensamblages de Madera, en los terminos que lo explicamos en esta Obra. Pero se propuso la objecion, que el Ladrillo serìa corroido en poco tiempo por el agua de la Mar, aunque se puede provar, que quando estàn muy recocidos, y casi vidrificados, son de mayor duracion que la Piedra de *Portland*; porque en *Portsmouth*, los fundamentos de la parte de la Mar construidos con esta Piedra, enteramente se han desecho, y socavado por el movimiento del agua de la Mar: en lugar que el Ladrillo que se ha empleado en el Anden de *Woolwich*, en la Darsena de *Cathan*, y en el Puerto de *Dover*, sin algunos otros que se encuentran en Holanda, no han padecido algun menoscabo en los muchos años, que estàn sirviendo.

Lo que se dice en orden al establecimiento de los fundamentos, y continuacion de la Obra de los Muelles, servirà igualmente para la construccion de los Andenes, Diques, Malecones contra las Margenes de Rios, y Darsenas para Baxeles; pues todos necesitan de un Muro continuado, que se debe fabricar en el agua. Los Andenes, y Malecones se labran con menos embarazo, por estar sobre la lengua del agua, en donde el movimiento de las Olas no es de conseqüencia, y se construyen solo de un simple Muro; pero se les dà mayor robustez,

y

y se aseguran con cadenas, ò tirantes en la tierra firme, para evitar, que se trastornen, ò arruinen con los grandes pesos que ordinariamente suelen cargarse sobre ellos.

Concluyo esta Obra con el modo de construir las Inclusas, y Aqüeductos; asunto verdaderamente muy extendido, para que se pueda tratar à fondo en un escrito tan reducido como este: Sin embargo, explico con claridad el modo de asegurar los fundamentos con Pilotes ordinarios, y con Estacas, ò Tablones engargolados, como tambien el de hacer los Enrejados, ò travazones, y Suelos de madera, que se ponen sobre el Pilotage, con todo lo perteneciente à continuar la Obra de mamposterìa en la forma mas segura. Para que el Lector se pueda poner en estado de conducirse con acierto en las varias circunstancias que le ocurran en la pràctica, he dado la construccion generàl de una grande Inclusa con dobles Puertas; de tal modo, que es aplicable à los casos mas esenciales, haciendo algunas leves alteraciones, segun varìen las circunstancias. Asi mismo demuestro el modo de determinar la posicion mas ventajosa de las Puertas, dando las dimensiones de las diferentes piezas que las componen, para las anchuras que se comprehenden entre 8., y 48. pies, con el herrage que ordinariamente las guarnece, y asegura. Por ultimo, no se ha omitido cosa esencial de las que pueden de qualquiera suerte contribuir à la satisfaccion del Lector.

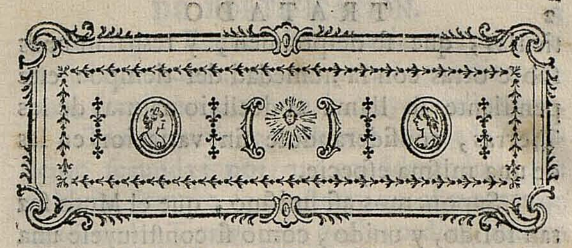
Si

Si ſe advierte, y conſiderã ãtentãmente; que los Canales para la Navegacion, ſe conſtruyen de un extremo à otro de una Provincia, ſobre Colinas, y Valles por medio de las Incluſas, y Aqüeductos: que los Puertos ſe fabrican, y ſe limpian de la Arena, y Fango que en ellos depoſita el agua: que las tierras baxas, y pantanoſas ſe deſecan, y ſe hacen arables, como tambien las que ſon ſecas, y eſteriles, ſe fertilizan con proporcionada humedad, y riego: que las Ciudades ſe abaſtecen de agua: y ſi à eſto ſe añade el excelente uſo de las Incluſas en el ataque, y defenſa de las Plazas (que deſcribe con energia *Mr. Belidor*), por cuyo medio ſe hace una Fortaleza caſi inexpugnable; ſerà facil conocer, que ninguna Obra de las que dirige un Ingeniero, requiere tan extenſo conocimiento en Theorica, y Pràctica, como las de eſta naturaleza.

De mi parte he procurado en toda eſtà Obra explicarme con la claridad poſible, à fin de facilitar la inteligencia de los aſuntos que comprehende: Pero como no ſe puede hacer adelantamiento alguno en eſta facultad ſin el apoyo de la Theorica, temo que muchos de mis Lectores no entenderàn las partes mas eſenciales de eſte Tratado, que no me fue poſible eſcribirlo de otra forma; por cuya razon aconſejo al eſtudioſo, que ſe inſtruya de antemano en los principios Mathematicos, que ſe explican en las Academias, y que ſirven de introducion, y fundamento à eſta eſpecie de Obras.

TRA-





TRATADO
DE FORTIFICACION,
ò Arte de conſtruir los Edificios Militares, y Civiles.

PARTE PRIMERA.

Contiene la Theoria de los Muros, Arcos, y Maderas, con diferentes Tablas de ſus Dimenſiones.

SECCION PRIMERA.

Theoria de los Muros.



ARA formar una clara idea de la Theoria de los Muros, es neceſario explicar primero ſus fundamentos. Suponemos, que la Tierra movida (como la de los Terraplenes quando no la ſoſtiene el Muro), forma un pendiente en una ſuperficie proxîmamente plana, ocaſionado por las par-

ticulas, que se desprenden, y resbalan unas sobre otras con la humedad del tiempo: este pendiente se llama el declivio natural de las Tierras, considerandole sin variacion en las de una misma especie.

Suponemos asi mismo, que el Muro sea tan solido, y unido, como si constituyese una sola Piedra; de tal modo, que si à qualquier punto se le aplicase una proporcionada potencia, solamente podria derribarle rompiendole por su union con el Cimiento.

La primera de estas suposiciones se puede provar de este modo: Siendo precisa alguna obliqüidad para que descienda una particula, se necesitarà la misma para qualesquiera otra de igual peso, y tenacidad; luego el agregado de todas las particulas, que se desprendan, formarà una superficie proxîmamente plana, que siempre tiene una misma inclinacion en la propria especie de Terreno; pero variarà segun este sea mas, ò menos tenaz: por exemplo: la Arena se dispondrà en mayor inclinacion, que la Tierra comun, y esta en mayor que la Greda, ò Arcilla.

Acaso se dirà, que las particulas de una misma especie de Tierra no son de igual magnitud, como se reconoce con claridad en la Arena, y por consiguiente, que no es absolutamente cierta esta suposicion: Pero respondemos, que aunque es imposible determinar este asun-



aſunto ſegun Reglas Mathematicas; con todo es ſuficientemente exâcto para la pràctica comun, donde no es neceſaria mayor delicadeza.

Tampoco tiene violencia alguna la ſupoſicion ſegunda; por que conſiderando, que el Muro ſiempre ſe conſtruye un año antes de aplicarle las Tierras, las quales ordinariamente ſe entre-lazan con pequeñas ramas para diſminuir ſu preſion; es claro que tiene ſuficiente tiempo para enjugarſe, y endurecerſe antes de ſufrir empujo alguno. Y aunque la firmeza del Muro en ſu union con el Cimiento, ſea la miſma que tiene en qualeſquiera otra parte, es muy ventajoſo para ſu reſiſtencia: à lo qual ſe debe añadir, que el ſupueſto Equilibrio entre los momentos de la Tierra, y el Muro, no tiene lugar en la pràctica, y que es indiſpenſablemente neceſario aumentar el del Muro, para que no le traſtorne el menor acaecimiento, que ſuceda.

PROBLEMA I.

Determinar la preſion, ò empujo, que hacen las Tierras repreſentadas por el Triangulo CDT, contra el Perfil ABCD de un Muro, por una direccion perpendicular à la linea vertical CD. Lam. 1. Fig. 1.

RESpecto, que el Perfil ABCD, y el Triangulo CDT repreſentan las baſes de Solidos, que tienen una miſma altura, ſeràn pro-

porcionales con los pesos de estos Solidos; asi, podemos considerar las areas ABCD, y CDT como otros tantos pesos à quienes son proporcionales.

La suma de los momentos de todas las partes de un cuerpo, es igual al momento de todo su peso reunido en su centro de gravedad, como consta del principio general de la Theoria del centro de gravedad: luego el peso del Triangulo CDT se puede considerar reunido en su centro de gravedad S, y el descenso de este centro (quando el Triangulo resbala por el plano inclinado) serà la expresion de su fuerza contra el Muro: Por consiguiente, si se tira SR perpendicular al lado DC del Muro, toda la presion que obra contra este, se puede considerar en el punto R.

La area del Triaugulo CDT es igual à $\frac{1}{2}$ DC×CT; y si suponemos, que T expresa la accion del peso en la direccion paralela al plano inclinado, y W la potencia que impele en la direccion SR, perpendicular à DC; tendremos: DT : DC : : $\frac{1}{2}$ DC×CT: T; y tambien DT : CT : : T : W, por la propriedad del Plano inclinado; y la compuesta de estas proporciones, darà $\overline{DT}^2$: DC×CT : : $\frac{1}{2}$ DC×CT : W: Por conseqüencia conocido el Angulo CDT, se tendrà la presion W.

Corolario I.

Si ſuponemos la altura del Muro $DC = a$, $DT = 1$, y $CT = s$, ſerà por la ultima proporcion $W = \frac{1}{2} ssaa$. Pero atendiendo, que la accion en el Plano inclinado DT es retardada por la coheſion de las partes; y conſtando al miſtiempo por experimentos, que eſta coheſion deſtruye una tercera parte la accion del cuerpo, que reſvala por un plano liſo; ſe deberà reducir eſta expreſion en la razon de 3 à 2, para deſcubrir el verdadero empujo: Aſimiſmo, la gravedad eſpecifica de la Piedra es à la de la Tierra, como 3 à 2: luego comparando el peſo del Triangulo CDT de Tierra, con el peſo de Piedra, aun ſe deberà reducir la expreſion en la miſma razon de 3 à 2: eſto es, el valor de W ſe ha de diſminuir en la razon de 9 à 4, para tener $\frac{2}{9} ssaa$ por la verdadera preſion, ò empujo de las Tierras.

Corolario II.

Siendo la linea SR paralela à la baſe AD, expreſarà DR la diſtancia de la direccion SR de la preſion contra el Muro, contada deſde la baſe, ò punto de apoyo A, ſobre el qual ſe moverìa el Muro ſi hubieſe de caer; y como $DR = \frac{2}{3} a$, por la ſituacion del centro de grave-

vedad del Triangulo, el producto del peſo $\frac{2}{9}ssaa$ multiplicado por $\frac{2}{3}a$, darà $\frac{4}{27}ssa^3$ por el momento de la preſion de las Tierras.

Adviertaſe, que DT es à CT, como el radio al ſeno del Angulo CDT; y por conſiguiente, s expreſa el ſeno de eſte Angulo, quando el radio es la unidad.

PROBLEMA II.

Determinar el eſpeſor BC de un Muro de Piedra ABCD, paraque reſiſta à la preſion de las Tierras CDT.

TIreſe BE perpendicular à la baſe AD, y ſupongaſe, que los peſos Q, y P, ſuſpendidos en los centros de gravedad del Triangulo ABE, y del Rectangulo EC, ſon proporcionales à ſus areas reſpectivas.

La preſion de las Tierras, procura traſtornar al Muro en la direccion SR, ò DA, al miſmo tiempo, que le retienen los peſos Q, y P en direcciones perpendiculares à DA: luego en el eſtado del equilibrio la ſuma de los momentos de los peſos Q, y P, debe ſer igual al momento de la preſion de las Tierras. Supongaſe BC $=$ DE $= x$, AE $= na$ (la letra n expreſa una cantidad indeterminada, pero conſtante), ſerà Q $= \frac{1}{2}naa$, y P $= ax$; y como las diſtancias al punto A deſde las direcciones

de

de los peſos Q, y P, ſon $\frac{2}{3}$ AE, y AE $+ \frac{1}{2}$ED, eſto es, $\frac{2}{3}na$, y $na + \frac{1}{2}x$; ſe tendrà $\frac{1}{3}nna^3$ por el momento del peſo Q, y $naax + \frac{1}{2}axx$, por el del peſo P. La ſuma de eſtos momentos, ſerà igual al de las Tierras $\frac{4}{27}ssa^3$: Dividiendo entrambros miembros por $\frac{1}{2}a$, ſe tendrà $xx + 2nax + \frac{2}{3}nnaa = \frac{8}{27}ssaa$; y añadiendo à una y otra parte $\frac{1}{3}nnaa$, reſultarà la primera un Quadrado perfecto; cuya Raiz, multiplicada por 9, y el otro miembro por 81, darà $9x + 9na = a\sqrt{24ss + 27nn}$.

Mr. Cotes en ſus Lecturas Hydroſticas pag. 61, dice, que la gravedad eſpecifica de la Piedra, es à la del Ladrillo como 2.5 à 2, eſto es como 5 à 4: Por conſeqüencia ſi aumentamos el termino primero $24ss$, que eſtà debaxo del Signo Radical, en la razon de 4 à 5, tendremos $9x + 9na = a\sqrt{30ss + 27nn}$, por la Equacion que determina el eſpeſor ſuperior del Muro de Ladrillo.

Por exemplo: Si la baſe del declivio del Muro es un quinto de ſu altura, y el declivio de las Tierras hace un angulo de 45. grados; en eſte caſo ſerà $n = \frac{1}{5} = 0.2$, $nn = 0.04$, y $ss = 0.5$; luego multiplicando 24 por 0.5, y 27 por 0.04, y ſacando la Raiz quadradra de la ſuma 13.08, ſe tendrà, 3.6167, de quien reſtando 1.8, y dividiendo la diferencia por 9, reſultarà $x = 0.2018a$, ò bien $x = \frac{1}{5}a$, proxîmamente, en los Muros de Piedra. Pero ſi

30 se multiplica por 0.5, y se añade à 1.08; la Raiz quadrada de la suma 16.08, serà 4.009 proxîmamente; de quien restando 1.8, y dividiendo la diferencia por 9, descubrirèmos $x = 0.245a$ proxîmamente en los Muros de Ladrillo.

De los Estribos, ò Contrafuertes.

A los Muros, que sostienen Tierras, se les aplican Estribos de distancia en distancia, para fortalecerlos contra la presion, que resisten, y escusar mayor gasto; pues con ellos no hay necesidad de hacer los Muros tan gruesos, como debieran serlo. Estos Estribos, que en la fortificacion se llaman Contrafuertes, y quedan cubiertos con las Tierras, se construyen de varias formas.

Fig. 2. Supongase que el Trapecio ABCD sea el Perfil de un Muro sin Parapeto; y el Rectangulo DF representarà la elevacion del Contrafuerte (que por lo regular tiene la misma altura, ò un pie menos que el Muro), cuya base DG manifiesta su longitud: Si consideramos el Plano del Muro, en quien KLMN expresa la base del Estribo, serà NP la distancia de uno à otro, que se puede variar, à discrecion.

Mr. Vauban hace la base del Contrafuerte mas ancha en la raiz KN, que en la cola ML en la razon constante de 3 à 2; y la distan-



tancia entre los centros de uno à otro inmediato, la determina de 21. pies. Por otra parte *Mr. Belidor* quiſo hacerlos mas eſtrechos en la raiz KN, que en la cola LM en la miſma razon inverſa de 2 à 3; fundado en que el centro de gravedad del Contrafuerte ſe aparta mas del Muro, y por conſeqüencia, que ſoſtendrà mayor peſo; ademàs que conſervaràn mejor las Tierras, y no los deſtruirà el Cañon con tanta facilidad deſpues que el Muro eſtè arruinado. Pero como eſte Autor advirtiò la dificultad, que coſtarìa abandonar una antigua, y eſtablecida pràctica, aunque ſe preſentaſe otra mas ventajoſa; ſe determinò à calcular ſus Tablas con arreglo al Perfil de *Mr. Vauban*.

Noſotros al contrario, hacemos Rectangulares las baſes de los Contrafuertes, no ſolo porque aſi los conſtruyen nueſtros Ingenieros; ſi no porque acercandoſe mas à la reſiſtencia de los de *Mr. Belidor*, ligan mucho mejor con el Muro, reſulta la obra mas barata, y de mas facil execucion; y por conſeqüencia ſon ventajoſos à los de qualquiera otra forma.

En los Muros de grande, ò pequeña altura, coloca *Mr. Vauban* los Contrafuertes à una miſma diſtancia entre sì; en lugar que yo determino ſu eſpeſor KN de tal forma, que ſiempre ſea à ſu intervalo NP en la razon conſtante de 1 à 3, y la longitud KL, ò DG, de un quarto de la altura DC del Muro.

Por esta disposicion, resulta siempre semejante el Perfil del Contrafuerte, y el espesor superior BC del Muro, tendrà una razon constante à su altura DC, mientras no varìe el declivio AB, como se verà mas adelante; lograndose por este medio mucha facilidad en los calculos. La misma Regla conviene tambien à la presion, que hacen las Tierras de una propria especie, segun se ha demonstrado antes.

En un Muro de 10. pies de altura, señala *Mr.Vauban* à sus Contrafuertes 3. pies de grueso, y 15. de intervalo; y en otro Muro de 80. pies de alto, dà de grueso al Contrafuerte 10. pies, y solo 8. de distancia entre cada dos inmediatos: de donde es manifiesto, que estàn muy apartados en los Muros bajos, y poco en los elevados. Lo contrario sucede en los nuestros, pues se pueden situar mas, ò menos inmediatos, segun se halle por conveniente en la pràctica, y con arreglo à las proporciones ya mencionadas.

Se ha de observar, que con la longitud del Contrafuerte crece su fuerza para resistir à la presion de las Tierras; pero si se hacen muy delgados no ligaràn bien con el Muro: Asi nunca harìa yo el espesor de los Contrafuertes menor, que la mitad de su longitud. Por exemplo: en un Muro de 40. pies de alto, serà de 10. pies la longitud del Contrafuerte; y su espesor, en mi concepto, no debe ser menor

de



de 5. pies, dandoles 15. de intervalo. Pero en un Muro de 10. pies de altura, tendràn los Estribos $2\frac{1}{2}$. pies de longitud, y de espesor no se le puede dar menos, que 2. pies, resultando de 6. el intervalo de uno à otro; porque de otra forma quedarìan delgados, y muy proxîmos los unos à los otros.

PROBLEMA III.

Hallar el espesor superior de los Muros de Piedra con Estribos, para que puedan resistir al empujo de las Tierras.

REspecto que la longitud DG del Contrafuerte es el quarto de la altura DC del Muro, se tendrà la Area DF $= \frac{1}{4}aa$, y AD $+ \frac{1}{2}$DG $= x + na + \frac{1}{8}a$ serà la distancia desde su direccion al punto de apoyo A: luego $\frac{1}{4}aax + \frac{1}{4}na^3 + \frac{1}{32}a^3$ expresarà el momento del Contrafuerte: Pero como entre estos hay un intervalo, que hace el calculo mayor de lo justo, en lo que una parte (que es el Estribo) es excedida por 4, se sigue que este momento debe partirse por 4, para tener $\frac{1}{16}aax + \frac{1}{16}na^3 + \frac{1}{128}a^3$ por el verdadero momento; que añadido al del Muro (determinado por el Problema antecedente), igualando la suma al momento de las Tierras, y dividiendo todo por $\frac{1}{2}a$, resultarà $xx + 2nax$

$+\frac{1}{8}ax+\frac{2}{3}nnaa+\frac{1}{8}naa+\frac{1}{64}aa=\frac{8}{27}ssaa$.
Si se añade à entrambas partes $\frac{1}{3}nnaa-\frac{0.75}{64}aa$, la primera darà un Quadrado perfecto; y reduciendo la segunda à la misma denominacion (cuyo comun denominador es 81×64), multiplicando despues el primer miembro por la Raiz $72=\sqrt{81\times 64}$, se tendrà $72x+72na+4.5a=a\sqrt{(1536ss-60.75+1728nn)}$, por la Equacion, que determina el valor de x en los Muros de Piedra. Pero si aumentamos el primer termino $1536ss$, que incluye el Signo Radical, en la razon de 4 à 5, como se hizo en el Problema antecedente, resultarà $72xx+72na+4.5a=a\sqrt{(1920ss-60.75+1728nn)}$, por la Equacion general, que determina el valor de x en los Muros de Ladrillo.

Por este calculo se manifiesta, que siempre que el seno s, y el valor de n sean conocidos, el espesor superior x del Muro, se expresarà en todas ocasiones en partes de a (altura del mismo Muro): De donde se infiere, que se pueden hallar Reglas generales para los declivios, que ordinariamente se dàn à los Muros, y en qualquiera abertura que el declivio de las Tierras pueda formar con la linea vertical DC, como se verà por los exemplos siguientes.

Sea la base AE de la Escarpa un quinto de la altura DC, y al angulo CDT $=45°$; por con-



conſeqüencia ſerà $n = \frac{1}{5} = 0.2$, y $ss = \frac{1}{2}$: ſubſtituyendo eſtos valores en la primera Equacion, ſe tendrà 776.37 por la cantidad que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es $27.863a$; de la qual reſtando la ſuma $18.9a$ de los dos terminos conocidos, y dividiendo la diferencia por 72, deſcubrimos $x = 0.1245a$, ò bien $x = \frac{a}{8}$ proxîmamente en los Muros de Piedra.

Pero ſi ſubſtituimos los valores de n, y ss en la ſegunda Equacion; tendremos 968.37 por la ſuma de los terminos que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es $31.118a$; de la qual reſtando $18.9a$, ſuma de los terminos conocidos, y partiendo la diferencia por 72, reſultarà $x = 0.169a$ en los Muros de Ladrillo.

Si la baſe AE del Talud es un ſexto de ſu altura, y el angulo CDT $= 45°$, ſerà $n = \frac{1}{6}$, y $ss = \frac{1}{2}$: ſuſtituyendo eſtos valores en la primera Equacion, reſulta 755.25 por la ſuma de los terminos que incluye el Signo Radical, de cuya Raiz quadrada $27.481a$, reſtando $16.5a$, ſuma de los terminos conocidos, y partiendo la diferencia por 72, tendremos $x = 0.153a$ en los Muros de Piedra.

Los miſmos valores de n, y ss ſubſtituidos en la ſegunda Equacion, daràn 947.25 por la ſuma de los terminos que incluye el Signo

Ra-

Radical, cuya Raiz quadrada serà 30.777*a*; de quien restando la suma 16.5*a* de los terminos conocidos, y partiendo la diferencia por 72, se tendrà $x = 0.198a$ en los Muros de Ladrillo.

Supongase ahora el angulo del declivio DT de 30°, serà $s = 0.5$, y $ss = 0.25$: substituyendo estos valores en la primera Equacion, darà 384. por el primer termino de los que incluye el Signo Radical; y substituyendoles en la segunda, descubrimos 480. por el mismo termino.

Si $n = 0.2$, tendremos 392.37 por la suma de los terminos, que comprehende el Signo Radical, cuya Raiz quadrada serà proxîmamente 19.808, y por consiguiente $x = 0.013a$ en los Muros de Piedra. En los de Ladrillo, se tendrà 488.37 por la cantidad que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 22.099, y $x = 0.044a$ proxîmamente.

La suma de los Quadrados del seno, y coseno de qualquier angulo es igual al Quadrado del Radio: luego si de este quitamos el Quadrado 0.25 (que lo es del seno de 30°), tendremos 0.75 por el Quadrado del seno de 60. grados.

De que se infiere, que si substituimos este valor en la primera Equacion, tendremos 1152., por el primer termino de los que incluye el Signo Radical; y haciendo lo mismo

en

en la ſegunda, darà 1440. por el proprio termino primero.

Si $n = 0.2$; 1160.37 ſerà la ſuma de los terminos que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 34.064, y $x = 0.211a$ proxîmamente en los Muros de Piedra: y en la ſegunda, 1448.37 ſerà la ſuma de los terminos que comprehende el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 38.057, y por conſiguiente $x = 0.266a$ proxîmamente en los Muros de Ladrillo. Quando el Declivio DT de las Tierras, forma qualeſquier otro angulo, reſultan las operaciones mas prolixas; y en eſte caſo los valores de s ſe deben tomar de los ſenos naturales, ſiendo ſuficiente ſervirſe de las tres primeras Notas.

Para mayor facilidad en la pràctica, hemos computado los valores de x, aſi para los Muros de Piedra, como para los de Ladrillo, cuyos Eſcarpes tengan de baſe $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$ de ſu altura, y ſuponiendo, que el Declivio natural DT, que formen las Tierras, ſe comprehende deſde 30. haſta 80. grados, contados de 5 en 5; lo qual juzgamos, que es ſuficiente para la pràctica comun, como ſe puede ver en la Tabla ſiguiente, donde los numeros fraccionales de la primera linea horizontal, expreſan la razon de la baſe AE del Talud del Muro à ſu altura: La primera columna vertical, manifieſta los angulos que for-

forma el Declivio natural de las Tierras, con la linea vertical DC; y los demàs numeros determinan la razon del espesor del Muro, ò los valores de x en partes de su altura. Estos numeros son todos decimales.

REGLAS GENERALES.

	Para los Muros de Piedra.				Para los de Ladrillo.			
Angulos.	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$
80°.	.275	.304	.326	.342	.338	.368	.389	.406
75.	.265	.292	.316	.332	.327	.356	.378	.395
70.	.250	.280	.301	.317	.311	.340	.362	.378
65.	.215	.262	.283	.299	.290	.320	.342	.358
60.	.211	.239	.256	.277	.266	.296	.314	.333
55.	.191	.214	.235	.251	.238	.267	.288	.304
50.	.153	.185	.202	.221	.205	.230	.251	.271
45.	.125	.153	.173	.189	.169	.198	.219	.235
40.	.089	.117	.137	.153	.130	.159	.179	.195
35.	.052	.079	.093	.114	.087	.116	.134	.152
30.	.013	.038	.057	.072	.044	.071	.090	.100

Exemplo.

Si la base AE del Declivio es un quinto de su altura, y el angulo CDT fuere de 45°; el numero opuesto à 45°, y debajo de $\frac{1}{5}$ es .125, que multiplicado por la altura del Muro

ro



ro (ſupueſta de 30. pies), darà 3.750, ò 3. pies, y 9. pulgadas. Si el angulo CDT, fuere de 60°, y la baſe del Declivio $\frac{1}{5}$; el numero .211, opueſto à 60°, y debaxo de $\frac{1}{5}$, multiplicado por la altura del Muro (30. pies), darà 6.330, ò bien 6. pies, y 4. pulgadas proxîmamente.

Se ha de advertir, que en los calculos ſiempre ſe ha de tomar el numero mas proxîmo: aſi, quando la quarta Nota del decimal fuere 5, ò mayor que 5, ſe aumentarà una unidad à la tercera: Lo miſmo ſe debe entender reſpecto à las pulgadas; pues en eſte exemplo $0.33 \times 12 = 3.96$ pulgadas, que ſon proxîmamente 4. pulgadas.

Atendiendo à que la baſe del Declivio nunca es menor, que un octavo, ni mayor, que un quinto, conſideramos, que ſeria inutil continuar, ò extender la Tabla; lo qual ſin embargo es muy facil por medio de las dos Equaciones del Problema antecedente.

Para hallar la Regla general de qualquier angulo intermedio, ſe harà una proporcion diciendo; como 5° (diferencia entre los grados de la Tabla) es à la diferencia entre el angulo dado, y el proxîmo en la Tabla; aſi la diferencia entre los numeros de la Tabla (opueſtos à los angulos proxîmos mayor, y menor del dado) à un quarto proporcional; que añadido al numero mas proxîmo, ſi eſte es menor, ò

restado si es mayor, darà el numero que se busca. Asi, siendo el angulo dado 53° restandole del proxîmo 55°, se tendrà 2°; restando el numero .153 (que corresponde en frente de 50°) del numero .191 (que està en frente de 55°) darà .38: luego serà la proporcion

$$5:2::38:\frac{2\times 38}{5}=15,$$

y restando 15 del numero opuesto à 55°, que es .191, se tendrà .176 por el numero que se pide.

Las Tablas I, y II (pag. 20, y 21.) se han calculado por las antecedentes Reglas generales, suponiendo, que el Declivio de las Tierras forma con el horizonte un angulo de 45°, que es el caso mas ordinnrio en un terreno medio, y conforme lo han supuesto *Mr. Belidor*, y otros Autores: asi serà facil corregir por las mismas Reglas, qualquier error, que se pueda haber cometido; y si se diese una altura, que no se encuentre en las Tablas, no habrà embarazo en determinar el espesor superior, que corresponda al Muro. Por exemplo: si la altura dada es de 35. pies, y el Declivio ha de ser el quinto; multipliquese esta altura por .125, y se tendrà 4.375 pies, ò bien 4. pies, y 4. $\frac{1}{2}$ pulgadas, por el espesor que se busca en un Muro de Piedra.

El espesor junto al Cimiento, se halla añadiendo al superior la base del Declivio; de forma, que si la base del declivio es $\frac{1}{5}$ de la al-

altura (30. pies) del Muro, ſerà $\frac{30}{5} = 6$. pies, à quien añadiendo el eſpeſor ſuperior, que es 3. pies, y 9. pulgadas, la ſuma 9. pies, y 9. pulgadas ſerà el grueſo inferior.

Adviertaſe que la longitud de los Contrafuertes en eſtas Tablas, ſiempre es la quarta parte de la altura del Muro, como ſe previno anteriormente; y el eſpeſor de los miſmos Eſtribos, reſpecto del intervalo de uno à otro inmediato, ſe ha conſiderado en la razon de 1 à 3.

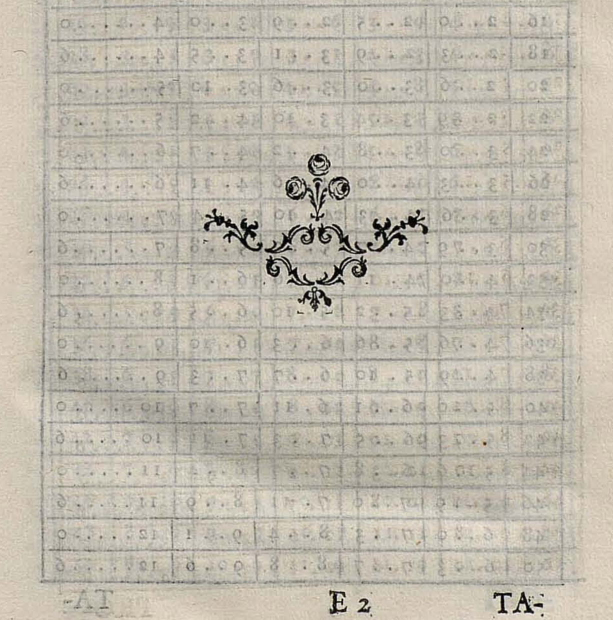


TABLA I.

Contiene los gruesos superiores de los Muros de Piedra sin Parapetos, conforme al Perfil de la Figura 2.

Altu-ras.	DECLIVIOS.				*Longitud del Contrafuerte.*
	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	
Pies	*Pi. Pul.*	*Pi. Pul.*	*Pi. Pul.*	*Pi. Pul.*	*Pies Pulgad.*
10	1 .. 3	1 .. 6	1 .. 9	1 .. 11	2 6
12	1 .. 6	1 . 10	2 .. 1	2 .. 3	3 0
14	1 .. 9	2 .. 2	2 .. 5	2 .. 8	3 6
16	2 .. 0	2 .. 5	2 .. 9	3 .. 0	4 0
18	2 .. 3	2 .. 9	3 .. 1	3 .. 5	4 6
20	2 .. 6	3 .. 0	3 .. 6	3 . 10	5 0
22	2 .. 9	3 .. 4	3 . 10	4 .. 2	5 6
24	3 .. 0	3 .. 8	4 .. 2	4 .. 7	6 0
26	3 .. 3	4 .. 0	4 .. 6	4 . 11	6 6
28	3 .. 6	4 .. 3	4 . 10	5 .. 4	7 0
30	3 .. 9	4 .. 7	5 .. 2	5 .. 8	7 6
32	4 .. 0	4 . 11	5 .. 6	6 .. 1	8 0
34	4 .. 3	5 .. 2	5 . 10	6 .. 5	8 6
36	4 .. 6	5 .. 6	6 .. 3	6 . 10	9 0
38	4 .. 9	5 . 10	6 .. 7	7 .. 3	9 6
40	5 .. 0	6 .. 1	6 . 11	7 .. 7	10 0
42	5 .. 3	6 .. 5	7 .. 3	7 . 11	10 6
44	5 .. 6	6 .. 8	7 .. 7	8 .. 4	11 0
46	5 .. 9	7 .. 0	7 . 11	8 .. 9	11 6
48	6 .. 0	7 .. 3	8 .. 4	9 .. 1	12 0
50	6 .. 3	7 .. 7	8 .. 8	9 .. 6	12 6

TABLA II.

Contiene los gruesos superiores de los Muros de Ladrillo sin Parapetos, conforme al Perfil de la Figura 2.

Alturas.	Declivios.				Longitud del Contrafuerte.
	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	
Pies	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pi. Pul.	Pies Pulgad.
10	1 .. 8	2 .. 0	2 .. 2	2 .. 4	2 6
12	2 .. 1	2 .. 5	2 .. 8	2 . 10	3 0
14	2 .. 5	2 . 10	3 .. 1	3 .. 3	3 6
16	2 .. 9	3 .. 2	3 .. 6	3 .. 9	4 0
18	3 .. 1	3 .. 7	3 . 11	4 .. 3	4 6
20	3 .. 5	4 .. 0	4 .. 5	4 .. 8	5 0
22	3 .. 9	4 .. 5	4 . 11	5 .. 2	5 6
24	4 .. 1	4 . 10	5 .. 3	5 .. 8	6 0
26	4 .. 5	5 .. 2	5 .. 9	6 .. 1	6 6
28	4 .. 9	5 .. 7	6 .. 2	6 .. 7	7 0
30	5 .. 1	6 .. 0	6 .. 7	7 .. 0	7 6
32	5 .. 5	6 .. 5	7 .. 0	7 .. 6	8 0
34	5 .. 9	6 . 10	7 .. 6	7 . 11	8 6
36	6 .. 1	7 .. 2	7 . 11	8 .. 5	9 0
38	6 .. 5	7 .. 7	8 .. 4	8 . 11	9 6
40	6 . 10	8 .. 0	8 . 10	9 .. 5	10 0
42	7 .. 2	8 .. 5	9 .. 3	9 . 10	10 6
44	7 .. 6	8 . 10	9 .. 8	10 . 4	11 0
46	7 . 10	9 .. 2	10 . 1	10 10	11 6
48	8 .. 2	9 .. 7	10 . 7	11 . 3	12 0
50	8 .. 6	10 . 0	11 . 0	11 . 9	12 6

PRO-

PROBLEMA IV.

Determinar el espesor de los Muros con Parapetos, segun el Perfil tercero.

Fig. 3. EN los Muros con Parapeto siempre se termina el Declivio AB en el Cordon B, que està quatro pies mas baxo, que la faxa F del Parapeto, cuyo revestimiento BFHI es de tres pies de grueso por lo comun: Si BC no tubiere mas de tres pies, la linea IH es la prolongacion de DC.

Si el revestimiento IF del Parapeto fuera suficiente para resistir la presion de las Tierras, que estàn sobre la linea BK prolongada, no habria necesidad de otras Tablas, que las anteriores: mas no siendo asi, necesariamente debe computarse la presion de las Tierras sobre la linea BK, como tambien la resistencia del Muro IF, para dar al Problema la verdadera solucion que corresponde. Pero atendiendo, que por este metodo resultarìa el calculo mas prolixo, y embarazoso de lo que se necesita para la pràctica; nos serviremos de otro, que satisfaciendo del mismo modo al intento, sea menos compuesto, y mas facil.

Supongase continuado el Muro ABCD hasta F, y que sea de proporcionada robustez para resistir al empujo de todas las Tierras;

Di-

Digo, que si se dà al Muro en BC el grueso que en este caso le corresponde, y se hace el revestimiento del Parapeto de tres pies de espesor solamente, el conjunto de uno, y otro serà bastante para sostener la presion de las Tierras.

Las Tierras sobre la linea BC, solo se extienden à 21. pies lo mas, que es à corta diferencia lo que ocupa el Parapeto FN: En este supuesto, la parte IF del Muro serà proxîmamente suficiente para resistir la presion de estas Tierras; y como BC serìa mayor de lo justo, quando las Tierras no se elevasen sobre esta linea, es evidente, que el Muro determinado en esta forma, resistirà bien al empujo de las Tierras. Ademàs, que esta Regla conviene perfectamente con el Perfil de 35. pies de alto, que *Mr. Vauban* aplicò con felicidad en casi cinqüenta Plazas, que fortificò.

Respecto que la altura BE del Muro es à la base AE del Declivio, como la altura BF = 4 pies, à la diferencia entre los espesores en B, y en F, esto es, como BE = a, y AE = na; tendremos $a : na :: 4 : 4n$, y por consiguiente $4n$ serà igual à la diferencia, que se busca, que añadida al espesor en F (determinado por las Tablas antecedentes segun lo que corresponda à la altura EF) darà el grueso BC, que se pide.

Re-

Reglas Generales.

1 Si la base AE del Declivio correspondiente à la altura BE, es igual à un quinto de la altura del Muro; serà $4n = 0.8$, ò bien 9.6 pulgadas, que se han de añadir al grueso del Muro en la segunda Columna.

2 Si AE $= \frac{1}{6}$BE, serà $4n = \frac{4}{6}$, ò bien 8. pulgadas, que se deben añadir al grueso en la tercera Columna.

3 Quando AE es un septimo de BE, se tendrà $4n = \frac{4}{7}$, ò bien 7. pulgadas proxîmamente, que se han de añadir al espesor del Muro en la Columna quarta.

4 Ultimamente, si AE es un octavo de BE, se tendrà $4n = \frac{4}{8}$, ò bien 6. pulgadas, que se deben añadir à los gruesos del Muro, que determina la quinta Columna.

Por estas Reglas generales, se han construìdo las Tablas III, y IV. La longitud de los Contrafuertes en la sexta Columna, siempre es la quarta parte de la altura total, aunque de ordinario se terminan antes de llegar al Cordon; pero es preciso advertir, que los numeros de la primera Columna, solo expresan las alturas, correspondientes à los Muros, desde el cimiento hasta el Cordon B; porque la altura BF del revestimiento del Parapeto, es de 4.pies en todos los Muros que los tienen.

Pa-

Para manifeſtar en pocos exemplos, el modo de aplicar las antecedentes Reglas generales, ſupondrèmos la altura EB de un Muro de Piedra igual à 30. pies, y la baſe AE del Declivio, de un quinto de la miſma altura. En eſte caſo añadiendo 4. pies à 30., tendrèmos 34. pies por la altura total EF: El eſpeſor, que determina la ſegunda Columna de la Tabla I. correſpondiente à 34. pies, es de 4. pies, y 3. pulgadas, à quien añadiendo 9.6 pulgadas (por la Regla 1.), reſultarà 5. pies, y 0.6 pulgadas por el grueſo que ſe buſca. *Mr. Vauban* hace eſte grueſo de 5. pies; aſi, ſolo excede el que ſeñalamos aqui en $\frac{1}{2}$ pulgada proxîmamente.

Si la altura de un Muro fuere de 24. pies, y la baſe del Declivio un ſexto de la propria altura; añadiendo 4. à 24., ſe tendràn 28. pies por la altura total: El grueſo que le correſponde en la tercera Columna de la Tabla I. es de 3. pies, y 6. pulgadas; à quien añadiendo 8. pulgadas (ſegun la Regla 2.), la ſuma 4. pies, y 2. pulgadas darà el grueſo BC que ſe pide.

En eſta forma, no ſolo hemos dado Tablas para los Muros de Piedra, ſino tambien para los que ſe fabrican de Ladrillo, habiendo deducido la particular conſtruccion de cada una, de los principios mas generales, y mas ſimples que hemos podido diſcurrir. Las Re-

glas generales, que se han dado para los diferentes angulos que pueden formar los Declivios naturales de las Tierras, son de excelente uso en la pràctica; porque si el terreno fuese unido, y fuerte, como la Greda, ò Arcilla, serà facil advertir, que se podrà ahorrar mucha mamposterìa; y quando sea arenisco, ò poco consistente, tambien se podrà arreglar el metodo con que se ha de executar la Obra, para que resulte solida, y segura; lo qual no es posible lograrlo por el tantèo, y pràctica solamente.





TABLA III.

Contiene los gruesos superiores de los Muros de Piedra con Parapetos, conforme al Perfil de la Figura 3.

Alturas.	Declivios.				*Longitud del Contrafuerte.*
	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	
Pies	*Pi. Pul.*	*Pi. Pul.*	*Pi. Pul.*	*Pi. Pul.*	*Pies Pulgad.*
10	2..7	2..10	3..0	3..2	3.....6
12	2.10	3..1	3..4	3..6	4......0
14	3..1	3..5	3..8	3.11	4......6
16	3..4	3..8	4..1	4..4	5......0
18	3..7	4..0	4..5	4..8	5......6
20	3.10	4..4	4..9	5..1	6......0
22	4..1	4..7	5..1	5..5	6......6
24	4..4	5..0	5..5	5.10	7......0
26	4..7	5..3	5..9	6..2	7......6
28	4.10	5..7	6..1	6..7	8......0
30	5..1	5.10	6..5	6.11	8......6
32	5..4	6..2	6.10	7..4	9......0
34	5..7	6..6	7..2	7..9	9......6
36	5.10	6..9	7..6	8..1	10.....0
38	6..1	7..1	7.10	8..5	10.....6
40	6..4	7..4	8..2	8.10	11.....0
42	6..7	7..8	8..6	9..3	11.....6
44	6.10	8..0	8.11	9..7	12.....0
46	7..1	8..4	9..3	10.0	12.....6
48	7..4	8..7	9..5	10.4	13.....0
50	7..7	9..0	9.10	10.9	13.....6

TABLA IV.

Contiene los gruesos superiores de los Muros de Ladrillo con Parapetos, conforme al Perfil de la Figura 3.

Alturas.	Declivios. 1/5	1/6	1/7	1/8	*Longitud del Contrafuerte.*
Pies	*Pi. Pul.*	*Pi. Pul.*	*Pi. Pul.*	*Pi. Pul.*	*Pies Pulgad.*
10	3 . . 2	3 . . 6	3 . . 8	3 . . 9	3 6
12	3 . . 6	3 . 10	4 . . 1	4 . . 3	4 0
14	3 . 10	4 . . 3	4 . . 6	4 . . 9	4 6
16	4 . . 2	4 . . 8	5 . . 0	5 . . 2	5 0
18	4 . . 6	5 . . 1	5 . . 6	5 . . 8	5 6
20	4 . 10	5 . . 6	5 . 10	6 . . 2	6 0
22	5 . . 3	5 . 10	6 . . 4	6 . . 7	6 6
24	5 . . 7	6 . . 3	6 . . 9	7 . . 1	7 0
26	5 . 11	6 . . 8	7 . . 2	7 . . 6	7 6
28	6 . . 3	7 . . 1	7 . . 7	8 . . 0	8 0
30	6 . . 7	7 . . 6	8 . . 1	8 . . 5	8 6
32	6 . 11	7 . 10	8 . . 6	8 . 11	9 0
34	7 . . 3	8 . . 3	8 . 11	9 . . 5	9 6
36	7 . . 7	8 . . 8	9 . . 5	9 . 11	10 0
38	7 . 11	9 . . 1	9 . 10	10 . 4	10 6
40	8 . . 2	9 . . 6	10 . 3	10 10	11 0
42	8 . . 7	9 . 10	10 . 8	11 . 4	11 6
44	8 . 10	10 . 3	11 . 2	11 . 9	12 0
46	9 . . 4	10 . 8	11 . 7	12 . 3	12 6
48	9 . . 8	11 . 1	12 . 0	12 . 9	13 0
50	10 . 0	11 . 6	12 . 5	13 . 2	13 6

PRO-



PROBLEMA V.

Determinar el grueſo ſuperior de un Muro de Piedra, capaz de reſiſtir al empujo de un Parapeto de Tierra que ha de ſoſtener, ſegun el Perfil 4.

PAra facilitar el calculo, ſupondrèmos, que el Declivio CG del Parapeto ſea paralelo al que forman naturalmente las Tierras, como DH; pues aunque no ſiempre ocurre eſte caſo en la pràctica, es de poca conſideracion la diferencia que produce. Fig. 4.

Concurran en F la linea vertical DC, y la horizontal HG prolongadas: ſea DC$=a$, DF$=b$, y los demàs valores como en los Problemas antecedentes; ſerà CF$=b-a$: Aſimiſmo, ſi del momento del triangulo DFH, que es $\frac{4ssb^3}{27}$ (*Cor. II.* Prob. I.), reſtamos el del triangulo CFG, tendremos el correſpondiente à las Tierras.

La preſion de eſte triangulo ès $\frac{2}{9}ss \times (b-a)^2$ (*Cor.I.*Prob.I.); y la diſtancia deſde la direccion horizontal, que paſa por ſu centro de gravedad, haſta el punto de apoyo A, ſerà DC $+ \frac{2}{3}$CF $= a + \frac{2b}{3}$: Luego el producto de eſta diſtancia multiplicada por el peſo, darà

rà $\frac{2}{27}ss(2b^3 - 3ab^2 + a^3)$ por el momento del miſmo triangulo; que reſtado de $\frac{4}{27}ssb^3$, reſulta $\frac{2}{27}ss(3ab^2 - a^3)$ por el momento de las Tierras.

Reſpecto, que los momentos de eſte Muro, y Contrafuerte ſon los miſmos que en el Problema III.; ſi dividimos el momento de las Tierras por $\frac{1}{2}a$, y lo multiplicamos por 81×64, deſcubrimos $768ss(3bb - aa)$, que ſubſtituido en lugar del primer termino de los que incluye el Signo Radical en la Equacion de aquel Preblema, tendremos $72x + 72naa + 4.5a = \sqrt{(768ss(3bb - aa) - 60.75aa + 1728nnaa)}$ por la Equacion, que determina en el caſo preſente la cantidad incognita x.

Quando FC $= 0$, eſto es, ſi no hay Parapeto de Tierra ſobre el Muro, ſerà $a = b$, y ſe reducirà la ultima Igualacion à la del Problema III.

Si la baſe AE del Declivio es un quinto de la altura EB, y el angulo CDH $= 45°$, ſerà $n = 0.2$, y $ss = 0.5$, y la Equacion antecedente quedarà reducida à $72x + 18.9a = \sqrt{1152bb - 375.63aa}$: Pero ſi la baſe AE es un ſexto de la altura BE, y el angulo CDH ſe conſerva de 45. grados, tendremos $72x + 16.5a = \sqrt{1152bb - 396.75aa}$.

Por medio de eſtas dos ultimas Equaciones ſe han conſtruìdo las Tablas V, y VI, que expreſan las Razones que tienen entre sì las

al-



alturas, y gruesos superiores de esta clase de Muros; lo que explicarèmos en pocos exemplos.

Supongase, que la altura de un Muro de Piedra sea à la del Parapeto que sostiene, como 3 à 2: luego seràn proporcionales, $3:2::a:\frac{2}{3}a$ =CF; y consiguientemente $a+\frac{2}{3}a=\frac{5a}{3}=b$, cuyo Quadrado multiplicado por 1152, darà $3200a^2$, de quien restando $375.63a^2$, y sacando la Raiz quadrada de la diferencia, tendremos $53.144a$. Ultimamente restando de esta cantidad $18.9a$, y partiendo la diferencia por 72, resultarà $x=0.476a$ proxîmamente en el caso primero.

Pero si restamos $396.75a^2$, de $3200a^2$, y se saca la Raiz quadrada de la diferencia, tendrèmos $52.947a$; de quien restando $16.5a$, y partiendo la diferencia por 72, darà $x=0.506a$ proxîmamente en el caso segundo.

Si la altura del Muro es à la del Parapeto que sostiene, como 4 à 3, serà $b=\frac{7a}{4}$: Substituyendo este valor en $1152bb$, darà $3528aa$, de quien restando $375.63a^2$, y extrayendo la Raiz quadrada del residuo, tendremos $56.145a$: Si de esto quitamos $18.9a$, y dividimos el resto por 72, descubrimos $x=0.517a$ proxîmamente en el caso primero.

Pe-



Pero si restamos 396.75aa de 3528aa, y extraemos la Raiz quadrada de la diferencia, tendremos 55.957a: Si de esto quitamos 16.5a, y dividimos el residuo por 72, resultarà $x = 0.548a$ proxîmamente en el segundo caso.

Si los Muros se hubiesen de construir de Ladrillo, no hay mas que aumentar el primer termino de los que incluye el Signo Radical, en la razon de 4 à 5, segun lo hemos dicho al fin del Problema II.; y en esta disposicion, la Equacion general antecedente expressarà la de los Muros de Ladrillo. De donde se sigue, que si la base AE del Declivio es un quinto de la altura EB, y el angulo CDH $= 45°$, serà $n = 0.2$, $ss = 0.5$, y $72x + 18.9a = \sqrt{1440bb - 471.63aa}$ por la Equacion general de los Muros de Ladrillo en este caso. Y si la base es un sexto de la altura BE, y que el angulo CDH se conserve de 45. grados, tendremos $n = \frac{1}{6}$, $ss = 0.5$, y por conseqüencia $72x + 16.5a = \sqrt{1440bb - 492.75aa}$ serà la Equacion.

Supongase, que la altura del Muro sea à la del Parapeto de Tierra, como 5 à 2, serà $b = \frac{7a}{5}$, cuyo Quadrado multiplicado por 1440, darà 2822.4aa; de quien restando 471.63aa, y sacando la Raiz quadrada, se tendrà 48.484a: Quitando de esta cantidad 18.9a,

y



y partiendo la diferencia por 72, resultarà $x = 0.411a$ proxîmamente en el primer caso.

Pero si restamos $492.75a^2$ de $2822.4a^2$, y extraèmos la Raiz quadrada de la diferencia, tendrèmos $48.266a$, de quien quitando $16.5a$, y partiendo el residuo por 72, resultarà $x = 0.441a$ proxîmamente en el caso segundo.

Explicacion de las Tablas siguientes.

Las Tablas V, y VI expresan la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Piedra, que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo las bases de los Declivios de $\frac{1}{5}$, y de $\frac{1}{6}$ de las alturas de los mismos Muros; y que el Declivio de las Tierras forma con el horizonte un angulo de 45°. La Razon que tienen las alturas del Muro, con las del Parapeto que sostienen, se expresa en las primeras lineas horizontal, y vertical: La longitud de los Contrafuertes, se ha considerado de la quarta parte de la altura del Muro, y su espesor es al intervalo entre dos inmediatos, como 1 à 3, que es lo mismo que hemos dicho antecedentemente.

Las Tablas VII, y VIII expresan la misma Razon, quando los Muros son de Ladrillo.

El uso de las Tablas es en esta forma: Quando son conocidas las alturas del Muro, y

del Parapeto de Tierra, se ha de reducir à los minimos terminos la Razon que tengan entre sì: Veafe en la primera linea vertical el numero correspondiente à la altura del Muro, y en la primera linea horizontal, el que pertenece à expresar la del Parapeto: el numero opuesto à la primera, y debaxo del señalado en la segunda, determina la Razon entre la altura del Muro, y su grueso superior: multiplicando este numero por la altura del Muro, y tomando las tres ultimas notas, como decimales, darà el grueso que se busca.

Exemplo.

Supongase, que la altura del Muro de Piedra ha de ser de 20. pies; de un quinto la base del Declivio; y sea de 12. pies la altura del Parapeto de Tierra: En este caso son proporcionales, 20 : 12 :: 5 : 3; y el numero 442. (Tabla V), opuesto al 5. de la primera linea vertical, y debaxo de 3. en la primera horizontal, multiplicado por 20. (altura del Muro) darà 8.840, ò bien 8. pies, y 10. pulgadas proxîmamente por el espesor superior.

Si la altura de un Muro de Piedra (cuyo Declivio es de $\frac{1}{5}$) fuere de 13. pies, y la del Parapeto de 6.; el numero 371. en la misma Tabla, opuesto à 13, y debaxo de 6., multiplicado por 13. altura del Muro, darà 4.823,

ò

ò bien 4. pies y 9. pulgadas proxîmamente por el grueſo ſuperior.

Pero ſi el Declivio fueſe $\frac{1}{6}$ de la altura del miſmo Muro; el numero 403, en la Tabla VI, opueſto al 13, y debaxo del 6, multiplicado por 13, darà 5,239, ò bien 5. pies, y 3. pulgadas proxîmamente. No hemos expreſado el grueſo inferior de los Muros, por que ſe halla añadiendo al ſuperior la baſe del Declivio, como ſe dijo de las quatro Tablas primeras.

Las Quadriculas ſeñaladas ſolo con un punto, debian expreſar Razones ya determinadas en otras, y ſerìa inutil repetirlas; pues las Razones de 12 à 3; 15 à 6; 16 à 8; y 6 à 6; 4 à 4 &c.; ſon las miſmas, que las de 4 à 1; 5 à 2; 2 à 1; y 1 à 1.

PROBLEMA VI.

Hallar el grueſo ſuperior de un Muro ABCD, cuyos Contrafuertes CG tengan Declivio por la parte interior. Fig. 5.

Tireſe la linea FL perpendicular à la baſe AG, y ſupongaſe para facilitar el calculo, que CF $= \frac{1}{8}$, y la baſe DG $= \frac{3}{8}$ de la altura DC; ſe tendrà la Area del Rectangulo DF $= \frac{1}{8}aa$, y tambien la del Triangulo FLG $= \frac{11}{8}aa$. Las diſtancias deſde las perpendiculares ſobre la baſe DG, que paſan por los

Centros de gravedad del Rectangulo DF, y del Triangulo FGL, hasta el punto de apoyo A, seràn AD $+ \frac{1}{2}$DL $= x + na + \frac{1}{16}a$, y AL $+ \frac{1}{3}$LG $= x + na + \frac{5}{24}a$; y por consiguiente la suma de estas cantidades multiplicada por $\frac{1}{8}aa$, reduciendo el producto en la Razon de 4 à 1 (segun lo demonstrado en el Problema III), darà $\frac{1}{16}aax + \frac{1}{16}na^3 + \frac{3.25}{384}a^3$ por el momento de los Contrafuertes; que añadido al del Muro, (hallado en el Problema II.) se tendrà el primer miembro de la Igualacion, que debe hacerse con el momento de las Tierras. Ultimamente despues de haber partido todo por $\frac{1}{2}a$, y añadido à entrambas partes $\frac{1}{3}nnaa - \frac{5}{384}aa$, se reducirà el segundo miembro à una misma denominacion; y multiplicada la Raiz del primero por la Raiz del comun denominador $72 = \sqrt{81 \times 64}$, resultarà $72x + 72na + 4.5a = a\sqrt{1536ss - 67.5 + 1728nn}$, por la Equacion que se busca; la qual difiere solo en el termino 67.5 de la que descubrimos en el Problema III, en donde por el expresado termino se halla 60.75.

Si se supone, que sea $n = 0.2$, y $ss = 0.5$; multiplicando estos valores por sus coeficientes, se tendrà 769.62 por la suma de los terminos, que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada 27.742 (multiplicada por a, que està fuera del Signo) restando 18.9a, suma de los terminos conocidos, y partiendo la dife-



TABLA V.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Piedra que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Declivio de $\frac{1}{5}$ de su altura.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	641	1125	1640	2079	2553	3026	3499	3971	4443	4915
2	391	.	885	.	1365	.	1842	.	2316	.
3	305	476	.	804	965	.	1285	1445	.	1762
4	261	.	517	.	763	.	1005	.	1246	.
5	235	340	442	542	.	739	836	933	1029	.
6	217	.	.	.	559	.	723	.	.	.
7	205	280	354	427	498	570	.	711	781	850
8	194	.	327	.	454	.	579	.	702	.
9	186	247	.	363	420	.	532	587	.	695
10	180	.	287	.	.	.	491	.	591	.
11	173	225	273	321	368	414	460	506	551	596
12	171	.	.	.	349	.	433	.	.	.
13	168	211	251	292	332	371	411	449	488	527
14	165	.	242	.	318	.	391	.	463	.
15	162	199	.	270	.	.	374	408	.	.
16	160	.	228	.	294	.	359	.	423	.
17	158	190	222	254	285	316	346	376	406	436
18	156	.	.	.	276	.	334	.	.	.
19	154	183	212	240	268	296	323	351	377	405
20	152	.	208	.	.	.	314	.	366	.

TABLA VI.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Piedra que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Declivio de $\frac{1}{2}$ de su altura.

[illegible]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	672	1159	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4969
2	480	.	817		1305	.	1841	.	2346	
3	337	506	.	835	997	.	1327	1479	.	1796
4	261	.	548	.	796	.	1087	.	1359	
5	264	370	471	674	.	750	868	969	1061	.
6	246	.	.		589	.	756	.		.
7	237	310	384	418	530	604	.	745	817	834
8	223	.	357	.	484		610	.	718	.
9	215	276	.	393	419		562	617	.	726
10	209	.	317	.	.	.	523	.	625	.
11	204	254	302	350	402	444	499	536	582	622
12	200				377	.	464			.
13	196	236	[illegible]	[illegible]	[illegible]	403	441	489	519	557
14	193	.	272	.	330	.	421	.	491	.
15	190	228	.	300		.	404	439	.	.
16	[illegible]		257	.	344	.	388	.	433	.
17	[illegible]	[illegible]	245	284	314	346	375	408	434	466
18	[illegible]			.	307	.	362	.	.	.
19	[illegible]	[illegible]	241	.	290	321	348	381	420	455
20	183	.	257	.	.	.	344	.	398	.

TABLA VI.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Piedra que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Declivio de $\frac{1}{6}$ de su altura.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	672	1157	1636	2112	2586	3060	3532	4004	4477	4949
2	422	.	917	.	1397	.	1874	.	2349	.
3	335	506	.	835	997	.	1317	1477	.	1796
4	291	.	548	.	796	.	1037	.	1277	.
5	264	370	472	574	.	770	868	965	1061	.
6	246	.	.	.	589	.	756	.	.	.
7	233	310	384	458	530	604	.	742	812	882
8	223	.	357	.	485	.	610	.	734	.
9	216	276	.	393	450	.	562	617	.	726
10	209	.	317	.	.	.	523	.	625	.
11	204	254	302	350	400	444	497	536	582	627
12	200	.	.	.	379	.	464	.	.	.
13	196	239	281	322	362	403	441	480	519	557
14	193	.	272	.	347	.	421	.	494	.
15	191	228	.	300	.	.	404	439	.	.
16	188	.	257	.	324	.	388	.	453	.
17	186	219	233	284	316	346	377	408	438	466
18	184	.	.	.	307	.	364	.	.	.
19	183	213	241	270	299	327	354	382	409	435
20	181	.	237	.	.	.	344	.	400	.

TABLA VII.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruessos superficiales de los Muros de Ladrillo que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Declivio de $\frac{1}{5}$ de la altura.

[illegible]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	916	1980	1824	2345	2665	3416	3865	3477	4999	5337
2	468	.	1026	.	1547	.	2089	.	2620	.
3	379	561	.	909	1119	.	1367	1649	.	2001
4	393	.	609	.	864	.	1153	.	1416	.
5	291	411	479	657	.	847	966	1078	1182	.
6	273	.	.	.	655	.	838	.	.	.
7	256	344	487	529	589	668	.	826	904	978
8	248	.	396	.	559	.	678	.	823	.
9	239	306	.	436	500	.	624	686	.	808
10	230	.	362	.	.	.	581	.	698	.
11	227	282	330	390	443	494	540	596	637	680
12	223	.	.	.	420	.	514	.	.	.
13	216	266	312	357	402	446	490	533	576	616
14	214	.	302	.	386	.	468	.	549	.
15	212	252	.	333	.	.	449	487	.	.
16	210	.	284	.	320	.	432	.	504	.
17	207	243	279	314	346	383	418	449	484	518
18	205	.	.	.	340	.	405	.	.	.
19	203	236	268	300	331	362	394	425	456	487
20	201	.	263	.	.	.	384	.	440	.


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

TABLA VII.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Ladrillo que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Declivio de $\frac{1}{5}$ de su altura.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	748	1289	1824	2355	2885	3414	3943	4471	4999	5527
2	468	.	1020	..	1557	.	2089	.	2620	.
3	372	562	.	929	1110	.	1468	1646	.	2001
4	323	.	609	.	884	.	1155	.	1424	.
5	293	411	523	637	.	857	966	1074	1182	.
6	273	.	.	.	655	.	838	.	.	.
7	259	344	427	509	589	668	.	826	904	974
8	248	.	396	.	539	.	678	.	816	.
9	239	306	.	436	500	.	624	686	.	808
10	232	.	352	.	.	.	581	.	692	.
11	227	282	336	390	442	494	545	596	647	697
12	222	.	.	.	420	.	516	.	.	.
13	218	266	312	357	402	446	490	533	576	619
14	215	.	302	.	386	.	468	.	549	.
15	212	253	.	333	.	.	449	487	.	.
16	209	.	286	.	360	.	432	.	504	.
17	207	243	279	314	349	383	418	452	485	518
18	205	.	.	.	340	.	404	.	.	.
19	203	236	268	300	331	362	392	423	453	481
20	201	.	263	.	.	.	382	.	440	.




FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

TABLA VIII.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Ladrillo que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Decsayo de $\frac{1}{5}$ de su altura.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	775	1550	1856	2388	2918	3867	3898	4190	[illegible]	5557
2	488	.	1052	.	1485	.	2183	.	[illegible]	.
3	408	491	.	961	1162	.	1590	1671	.	2034
4	366	.	640	.	916	.	1187	.	1458	.
5	353	441	555	668	.	888	997	1106	1212	.
6	300	.	.	.	680	.	850	.	.	.
7	281	375	459	539	620	700	.	918	935	1013
8	277	.	422	.	570	.	716	.	848	.
9	279	336	.	457	530	.	656	717	.	840
10	260	.	361	.	.	.	612	.	724	.
11	256	[illegible]	361	420	471	534	586	637	658	725
12	231	.	.	.	451	.	546	.	.	.
13	237	291	341	377	431	477	521	561	608	651
14	228	.	318	.	404	.	.	.	560	.
15	221	262	.	355	.	.	480	512	.	.
16	[illegible]	.	295	.	390	.	457	.	533	.
17	[illegible]	[illegible]	296	333	379	414	448	483	519	552
18	216	.	.	.	361	.	435	.	.	.
19	213	251	291	329	367	397	433	462	498	529
20	230	.	293	.	.	.	414	.	499	.

TABLA VIII.

Contiene la Razon entre las alturas, y gruesos superiores de los Muros de Ladrillo que sostienen Parapetos de Tierra, suponiendo la base del Declivio de $\frac{1}{6}$ de su altura.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	779	1322	1856	2388	2918	3447	3976	4504	5032	5559
2	499	.	1052	.	1589	.	2122	.	2653	.
3	402	593	.	961	1142	.	1500	1678	.	2034
4	354	.	640	.	916	.	1187	.	1456	.
5	323	441	556	668	.	888	997	1106	1214	.
6	320	.	.	.	687	.	870	.	.	.
7	288	374	459	539	620	700	.	858	935	1013
8	277	.	427	.	570	.	710	.	848	.
9	269	336	.	467	530	.	656	717	.	840
10	262	.	383	.	.	.	612	.	724	.
11	256	312	367	420	473	525	576	627	678	729
12	251	.	.	.	451	.	546	.	.	.
13	247	295	341	387	432	477	521	564	608	651
14	244	.	332	.	416	.	.	.	580	.
15	241	282	.	362	.	.	480	518	.	.
16	238	.	315	.	390	.	463	.	535	.
17	236	273	309	344	379	414	448	482	516	548
18	234	.	.	.	369	.	435	.	.	.
19	232	265	298	329	361	392	423	453	484	512
20	230	.	293	.	.	.	412	.	470	.

tiendo por 72, dará [illegible] 1228. Aunque es-te valor es algo menor del que se determinó en el Problema III, no merece atencion la diferencia, respecto que solo es 6 de 12 de pulgada; y por consequencia, qualquiera de estos Contrafuertes los puede aplicar con igual ventaja el que dirija la Obra.

Algunas veces se construyen los Contrafuertes con Formas, disponiendolas de forma, que no variando sus Areas, se halle [illegible] su mismo su momento.

Tambien [illegible] el Muro [illegible] dar los Contrafuertes de tal modo, que su Perfil sea un Paralelogramo como ABCD, especialmente quando son [illegible]. En este caso para determinar si es mejor AD, ó BC, se ha de tirar la Diagonal AC, y del punto I, en su medio, como [illegible] BC, tirando las perpendiculares IR, y EB sobre la base AD; y [illegible] IE [illegible] DE [illegible], y [illegible] Area del Paralelogramo [illegible]. El Centro de gravedad de este Paralelogramo es el punto I, y AE será la distancia de éste la perpendicular hácia el punto de apoyo A; pero AE es la mitad de AD; luego se tendrá la distancia AE [illegible]. Multiplicando la Area [illegible] por la distancia AE, y dará el Area [illegible] momento del Muro, que [illegible] se igualará con el de las Tierras [illegible], dividiendo todo por [illegible], y añadiendo [illegible] Fig. 4.

[illegible]


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

ferencia por 72, darà $x = 0.1228a$. Aunque este valor es algo menor del que se determinò en el Problema III, no merece atencion la diferencia, respecto que solo es 0.0017 de pulgada; y por consequencia, qualquiera de estos Contrafuertes los puede aplicar con igual ventaja el que dirija la Obra.

Algunas veces se construyen los Contrafuertes con Bermas, disponiendolas de forma, que no variando sus Areas, ni bases se conserve uno mismo su momento.

Tambien suele construirse el Muro inclinado, y sin Contrafuertes, de tal modo, que su Perfil sea un Paralelogramo como ABCD, especialmente quando son baxos: En este caso para determinar su espesor AD, ò BC, se ha de tirar la diagonal AC, y del punto L en su mitad, como asimismo desde C, baxense las perpendiculares LK, CE sobre la base AD prolongada: supongase AD $= x$, DE $= na$, CE $= a$, y resultarà la Area del Paralelogramo BD $= ax$. El Centro de gravedad de este Paralelogramo es el punto L, y AK serà la distancia desde su direccion hasta el punto de apoyo A: pero AL es la mitad de AC; luego se tendrà la distancia AK $= \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}na = \frac{1}{2}$AE. Multiplicando la Area ax por la distancia AK, darà $\frac{1}{2}axx + \frac{1}{2}naax$ por el momento del Muro, que debe igualarse con el de las Tierras $\frac{4}{27}ssa^3$: dividiendo todo por $\frac{1}{2}a$, y añadiendo à entram- *Fig. 6.*

bas

bas partes $\frac{1}{4}nnaa$, ferà la primera un quadrado perfecto; cuya Raiz multiplicada por la del comun denominador 324. del fegundo miembro, reducido à una mifma denominacion, darà $18x + 9na = a\sqrt{96ss + 81nn}$, para los Muros de Piedra.

Aumentando el primer termino $96ss$ que incluye el Signo Radical en la razon de 4 à 5, refultarà $18x + 9na = a\sqrt{120ss + 81nn}$, por la Equacion que determina el valor de x en los Muros de Ladrillo.

Es facil conocer fi eftas efpecies de Muros necefitan mas, ò menos mampofterìa, que los de la Figura 1. fin Contrafuertes. Porque, fea $n = 0.2$, y $ss = 0.5$, tendrèmos $x = 0.297a$ proxîmamente en los Muros de Piedra: y como en el Problema II. donde n, y s tienen los mifmos valores que aqui, hemos hallado $x = 0.2018a$; ferà la Area de aquel Perfil $0.3018aa$; pero la Area del Paralelogramo BD es $0.297aa$: luego la diferencia $0.0048aa$, manifeftarà que efta ultima requiere menos material que la antecedente, aunque muy poco en los Muros baxos.

Antes de concluir efta Seccion, añadirèmos un Problema mas general, para hacer ver, que hubiera fido facil reducir el numero de ellos, fino fuera necefario conducir à los principiantes gradualmente, de las verdades mas fimples à las mas compueftas.

PRO-



PROBLEMA VII.

Supongase que el Perfil de un Muro de Piedra se representa por el Paralelogramo BD; y por el Trapecio DCFH la elevacion de sus Contrafuertes, cuyo Declivio FH sea igual al del Muro CD: se pide determinar el espesor BC quando ha de sostener Parapeto de Tierra. Fig. 7.

PAra facilitar el calculo supondrèmos, que CF es $\frac{1}{10}$ de la altura CE, y los demàs valores como en los Problemas antecedentes; por consequencia serà DH $= 2na + \frac{a}{10}$, que añadido à CF $= \frac{a}{10}$, y multiplicada la suma por la mitad de la altura CE, darà $naa + \frac{1}{10}aa$ por la Area del Trapecio. Multiplicando esta por AD $+ \frac{1}{2}$DH $= x + na + \frac{1}{20}a$, y reduciendo el producto en la razon de 4 à 1, se tendrà $\frac{1}{40}aax + \frac{1}{4}naax + \frac{1}{4}nna^3 + \frac{3}{80}na^3 + \frac{1}{800}a^3$ por su momento, que añadido al del Muro $\frac{1}{2}axx + \frac{1}{2}naax$, determinado en el Problema VI, resultarà el primer miembro de la Igualacion; y el segundo serà $\frac{2}{27}ss(3abb - a^3)$, que es el momento de las Tierras descubierto en el Problema V. Dividiendo todo por $\frac{1}{2}a$, y añadiendo à entrambas partes $\frac{1}{16}nnaa - \frac{3}{80}naa - \frac{1.5}{800}aa$, quedarà la primera un Quadrado per-

perfecto; cuya Raiz, multiplicada por la del comun denominador 1296. de la segunda, despues de reducida esta à una propria denominacion, darà $36x + 27na + 0.9a = \sqrt{(192ss(3bb - aa) + 81nnaa - 48.6nna - 2.43aa.)}$

Quando el Muro es de Ladrillo, solo hay que aumentar el coeficiente del primer termino de los que incluye el Signo Radical, en la razon de 4 à 5, para tener 240. en lugar de 192. en este caso; y los demàs terminos no deben alterarse.

Si no hubiese Parapeto de tierra sobre el Muro, serà $b = a$, y el primer termino de los que incluye el Signo Radical se reducirà à $384ssaa$, y los demàs no tienen variacion.

Quando $n = 0.2$, y $ss = 0.5$, se tendrà $36x + 6.3a = \sqrt{(288bb - 97.134aa)}$ en los Muros de Piedra: Pero si $n = \frac{1}{6}$, y $ss = 0.5$, resultarà $36x + 5.4a = \sqrt{288bb - 97.53aa}$.

Y si $b = a$, esto es si no hay Parapeto de tierra sobre el Muro, tendrèmos $x = 0.208a$ en el primer caso, y $x = 0.233a$ en el segundo. Pero si la altura del Muro es à la de las Tierras superiores, como 4 à 3, serà $b = \frac{7a}{4}$; cuyo Quadrado substituìdo en las dos Equaciones antecedentes, darà $882aa$ por el primer termino de los que incluyen los Signos Radicales; y sacando la Raiz quadrada, hallarèmos $x = 0.6a$ proxîmamente en el caso primero, y $x = 0.628a$ en el segundo.

De

Lamina.I.

F G H

C

4.

E D

K

D

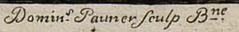
N

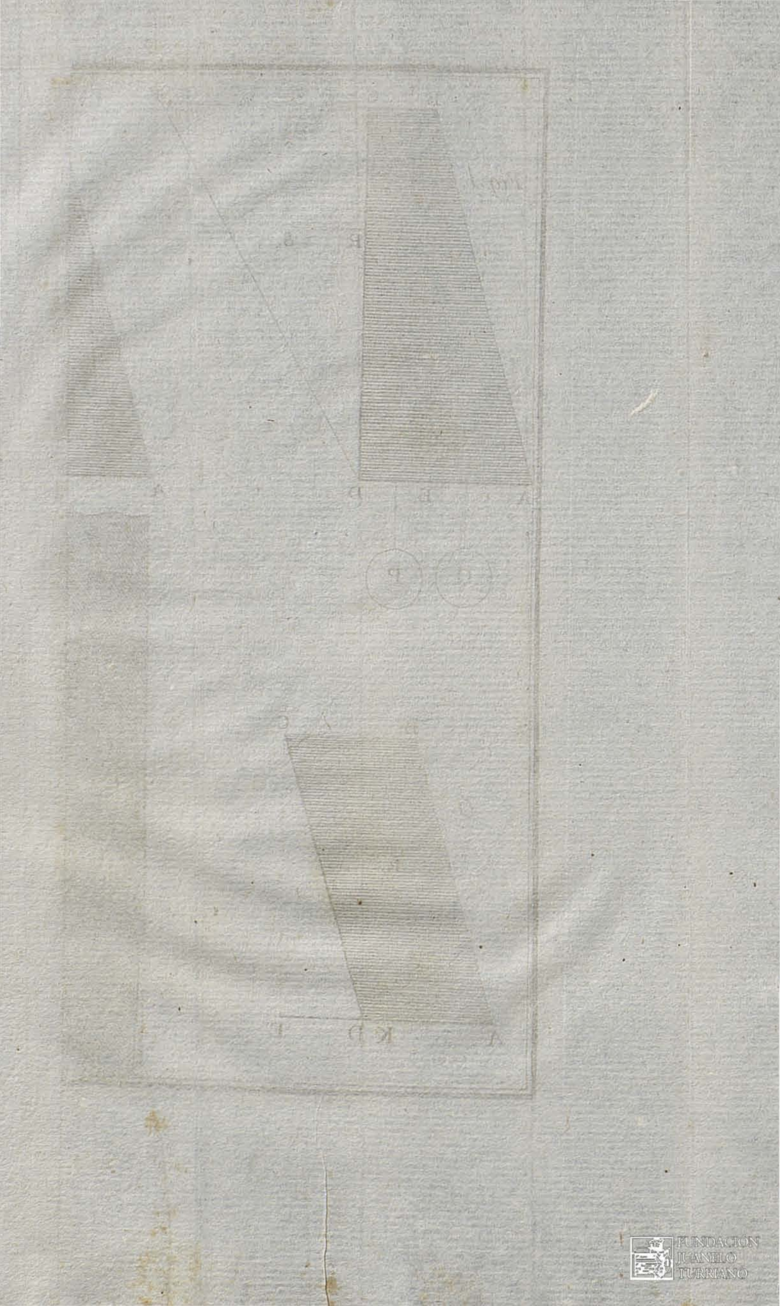
P

B C F

7.

D E L H





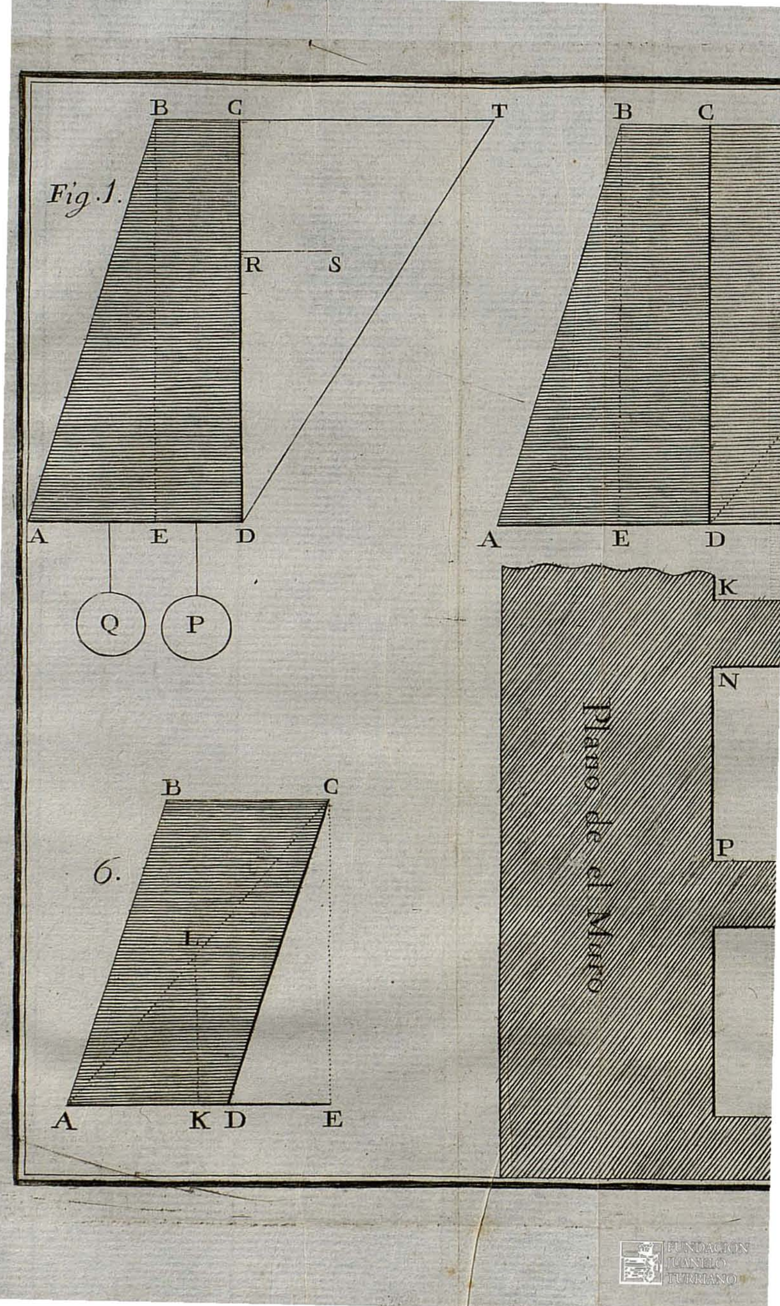
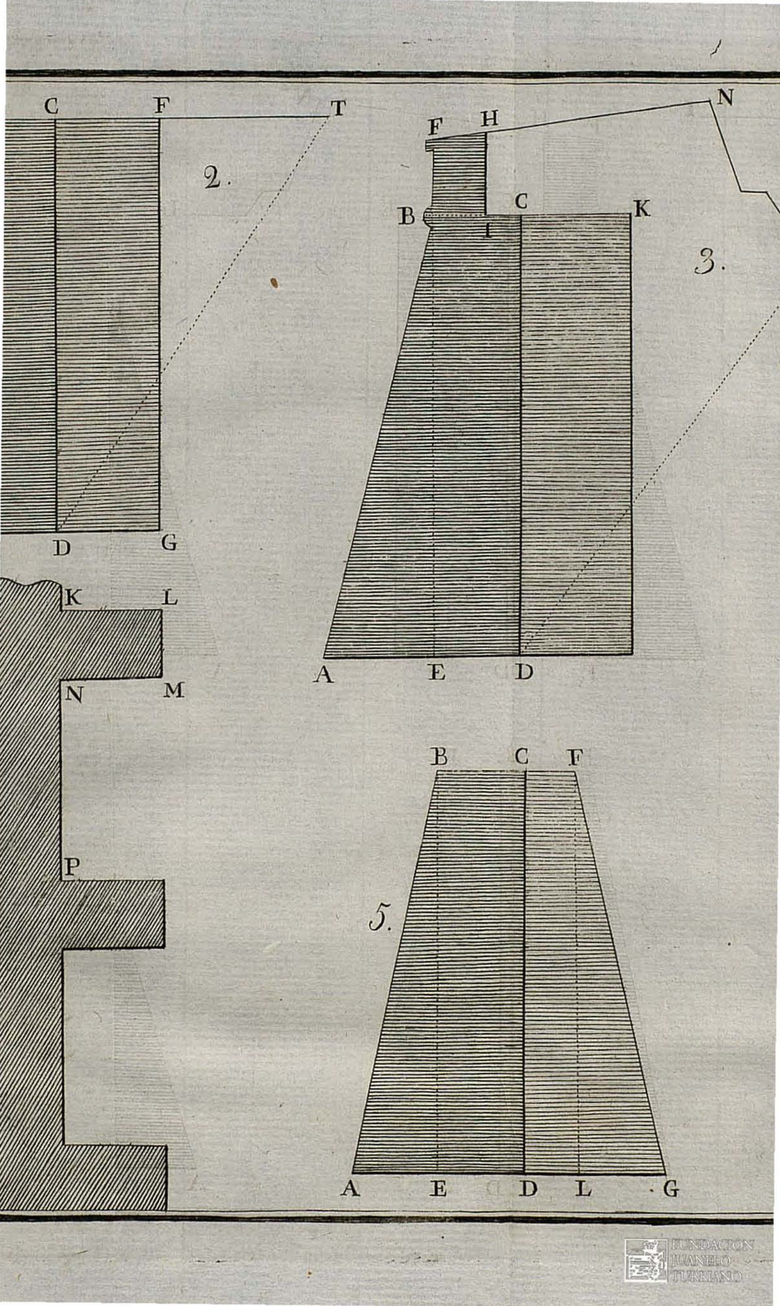
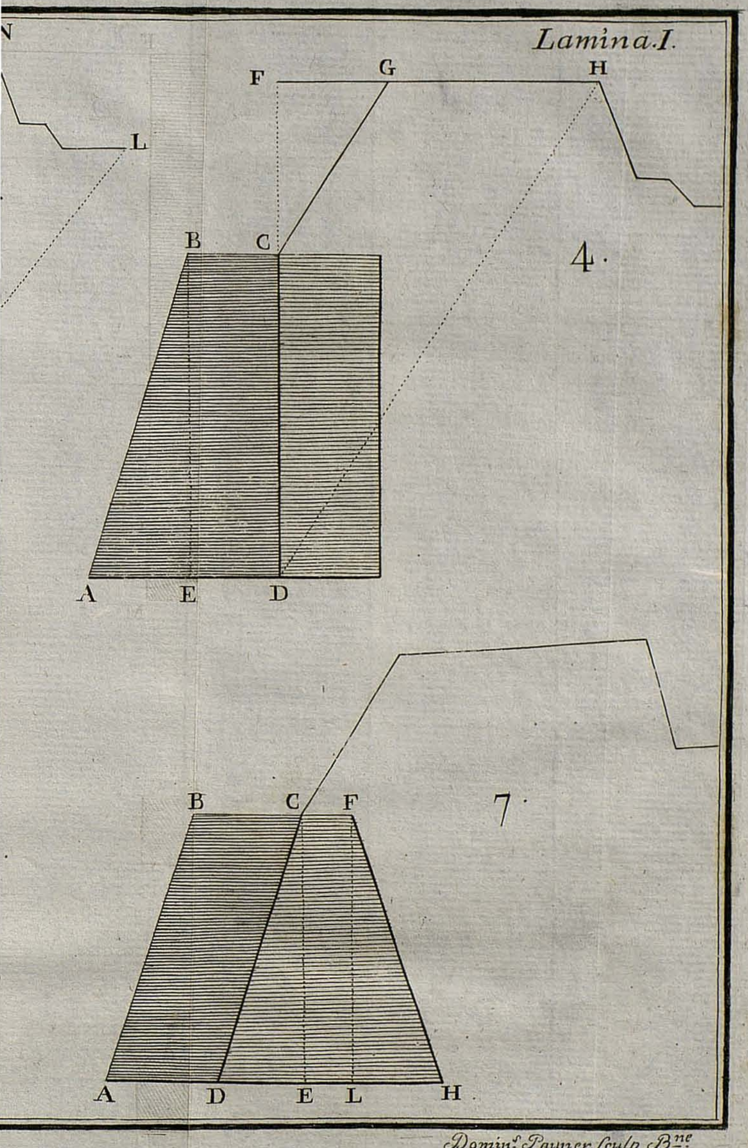


Fig. 1.
B
C
T
R
S
A
E
D
Q
P
B
C
A
E
D
K
N
P
Plano de el Muro
6.
B
C
L
A
K
D
E



C F T
2.
D G
K L
N M
P
F H N
B C K
I
3.
A E D
B C F
5.
A E D L G
FUNDACION JUANELO TURRIANO



Domin.s Paumer sculp B.ne

De aqui ſe infiere la facilidad de comparar la mampoſtería, que contienen los Muros, cuyo Perfil es un Paralelogramo, y ſus Contrafuertes Trapecios, con la que neceſitan los Muros de Perfil Trapecio, y de Contrafuertes Rectangulos, como en la Figura 2. Por que en eſte caſo ſe encontrò la Area del Muro, y la del Contrafuerte reducida, de $0.287aa$ quando $n = \frac{1}{5}$; y de $0.299aa$ quando $n = \frac{1}{6}$. Y la Area del Perfil, y Contrafuerte, que repreſenta la Figura 7, la hemos hallado de $0.283aa$ quando $n = \frac{1}{5}$; y de $0.298aa$ quando $n = \frac{1}{6}$. Por conſiguiente, el Perfil en la forma de un Paralelogramo, conſume menos material, que quando es Trapecio; y es mayor la diferencia ſiendo $n = \frac{1}{5}$, que ſi $n = \frac{1}{6}$: pero ſiempre, que n ſea igual à $\frac{1}{7}$, ò $\frac{1}{8}$, tiene ventaja la Figura Trapecia, como ſe puede ver haciendo el calculo.

Hemos demonſtrado el modo de hallar el eſpeſor que correſponde à los Muros para que reſiſtan à la preſion de las Tierras, atendiendo à los varios Perfiles que ſe pueden dar à los miſmos Muros; y ſerà facil conocer, que nueſtro metodo es mas general, y mucho mas ſencillo, que el que han eſtablecido otros Autores: de cuya verdad ſon teſtimonios las muchas Reglas generales, que ſe han dado, y ſu facil aplicacion à la pràctica. Ademàs, que ningun Autor ſe ha reſuelto à calcular Ta-

blas para los Muros, que solo alcanzan hasta la mitad de la altura del Terraplen aunque sean mas utiles en muchas ocasiones que algun otro; pues los mas habiles Ingenieros apenas los construyen de otra forma en estos tiempos, y esto por muy buenas razones; porque sobre ser mas baratos, no los destruye con tanta facilidad el Cañon de batir, y se puede reparar la brecha con mucha prontitud.

Se podrà acaso decir, que hemos reducido los Contrafuertes à unas Figuras que facilitan el Calculo, y por consiguiente, que nuestras soluciones no son tan generales, como se ofrecieron: Pero si el Lector aplica nuestra Theorìa à otros casos, no solo se convencerà de su extension, si no tambien que todo lo que se deduce de ella, conviene à corta diferencia con las Reglas de *Mr. Vauban.* Ademàs que se ha manifestado, que los Contrafuertes de forma Rectangular, son los mas ventajosos; los quales generalmente estàn en uso aqui en Inglaterra. En quanto à los que tienen Trapecio su Perfil, como en las Figuras 5. y 7., hemos atendido à las dimensiones que son mas utiles en la pràctica, y que guardan una debida proporcion con los Muros, que fortalecen.

SEC-



SECCION II.

Theorìa de los Arcos.

LA conſtruccion de Bovedas, y Arcos es abſolutamente neceſaria en las Fortalezas para cubrir las Puertas principales, los paſos Subterraneos del cuerpo de la Plaza al Foſo, Almacenes de polvora, Caſa-matas, Hoſpitales para Enfermos, y Heridos, y Alojamientos en que la Tropa de deſcanſo eſté ſegura.

No es de poca importancia en la conſtruccion de una Fortaleza, determinar con acierto el eſpeſor que correſponde à los Pilares, ò Muros, que han de ſoſtener Arcos, ò Bovedas de varias magnitudes, y circunſtancias, à fin de lograr una Obra ſolida, y durable, ſin conſumir mas materiales, que los preciſos.

Para la fabrica de los Almacenes de polvora à prueva de Bomba, es indiſpenſable en un Ingeniero mucho fondo de habilidad, y de prudencia; porque en mi concepto, no ſe han eſtablecido haſta ahora por algun Autor, Reglas ſeguras, que le dirijan. Generalmente ſe ſiguen las dimenſiones, que *Mr. Vauban* ſeñalò à los Almacenes; y ſerìa ſuperfluo buſcar otras, en viſta de lo bien que han provado en la pràctica, ſi en muchos caſos no fuera

necesario hacer Arcos de diferentes magnitudes, y figuras, de aquellas de que hizo uso. En esta consideracion, serà conveniente establecer una Theorìa, que corresponda, y satisfaga à las varias circunstancias, que ocurran.

Uno de los Problemas de mayor dificultad en la Mechânica, es determinar el momento, ò fuerza con que obran las diversas especies de Arcos, contra los Pilares que los sostienen. Y aunque muchos Mathematicos de credito, especialmente algunos Miembros de la Real Academia de las Ciencias en Paris, y *Mr. Balidor* en su Obra intitulada: *La Science des Ingenieurs*, procuraron resolverle; con todo, si no me engaño, ninguno lo ha conseguido; pues qualquiera que lea sus Obras, se convencerà mas de las dificultades que enbuelben, que de la verdad de sus soluciones: y aun serà facil distinguir, que algunos de estos Autores se han engañado, y ofuscado con prolijas expresiones algebricas, que aplicadas à casos simples de la pràctica, son imposibles; lo qual manifiesta, que sus calculos estàn fundados sobre principios erroneos.

Es verdad, que *Mr. Belidor*, ha sido mas felìz, que algunos otros en establecer sus principios: pero la aplicacion, que de ellos hace, no està libre de objecciones, como se verà mas adelante, y en esto ha consistido, que el espe-

sor,



ſor, que determina à los Pilares ſea mucho menor de lo juſto.

Parece que es una materia dificil, determinar exâctamente eſte Problema, reſpecto de las ſupoſiciones, que neceſariamente ſe han de hacer ſobre las circunſtancias de la mezcla, que ſe emplea para conſervar unidas las Dovelas.

Eſtas las ſupondrèmos, ſiguiendo à *Mr. Belidor*, aſentadas, y unidas con mezcla de tal naturaleza, que impidiendo el que ſe reſvalen unas ſobre otras, no reſulte el compueſto una ſola Piedra; porque en eſte caſo no habria empujo obliquo contra los Pilares: Aſi, la conſiſtencia de la mezcla ha de ſer de modo, que ſi los Pilares no fueſen ſuficientemente robuſtos, ſe romperia el Arco por la parte mas debil, traſtornando los miſmos Pilares, que le ſoſtenìan. Eſta ſupoſicion es la mas natural, que ſe puede hacer, y la mas conforme à la experiencia: porque muchos Arcos ſe han caìdo por faltar à ſus Pilares la preciſa robuſtez para reſiſtir à la preſion obliqua: ademàs, la mezcla neceſita algun tiempo para endurecerſe; y haſta lograrlo, ſiempre habria que recelar algun accidente.

PRO-

PROBLEMA I.

Determinar la presion de un Arco contra los Pilares, que le sostienen.

Lam. 2. Fig. 1. SEa AEFG la Seccion del medio Arco; ABCD la del Pilar; el punto C se puede considerar, como de apoyo, sobre quien se moverìa el Pie derecho si hubiese de derribarle el Arco; MN una de las Dovelas; O el centro donde todas las juntas prolongadas concurren; y ultimamente, que AS sea la linea, que determina el claro del Arco.

Por el Centro de gravedad X de la Dovela MN, tirese la vertical XT, y la perpendicular XQ à la junta OM; y de qualquier punto *a* en XT, tirese *ab* perpendieular à XQ, y *bd* à XT. El peso de la Piedra MN es à su efecto en la direccion X*b*, como X*a* es à X*b*; y en la direccion *ba*, como X*a* es à *ba*: Este ultimo efecto se destruye por el ludimento de las Piedras, junto con la tenacidad de la mezcla; y por consiguiente, solo se ha de considerar el primero X*b*. Pero la fuerza X*b*, es equivalente à las fuerzas *db*, y X*d*, la primera perpendicular, y la segunda paralela à la direccion CV en que resiste el Pie derecho, la qual se destruye por la accion contraria de la otra mitad del Arco: luego solo se ha de considerar la primera expresada por *db*. Si



Si del punto de apoyo C ſe tira la recta CQ perpendicular à la direccion XQ, y eſta corta à CV en R, reſultarán iguales los angulos CRQ, *bXd*; y conſiguientemente los triangulos CRQ, *bXd* ſeràn ſemejantes: luego ſe tendrà CR : CQ :: *b*X : *bd*, y CR × *bd* = CQ × *b*X.

Se ha probado, que el momento CQ × *b*X de la fuerza X*b*, es igual al producto de la fuerza *db* multiplicada por la diſtancia CR: y como la miſma demonſtracion es aplicable à qualquiera otra Dovela; ſe ſigue (por la propriedad del Centro de gravedad), que el momento de la mitad del Arco contra el Pie derecho, es igual al producto de ſu peſo reunido en el Centro de gravedad, multiplicado por la reſpectiva diſtancia deſde el punto C haſta ſu direccion.

Luego ſi el punto L es Centro de gravedad de AEFG, mitad del Arco, y LI (perpendicular à OM) corta à OD en H, y à CV en I; el producto de la ſuma de todos los peſos en la direccion *db*, multiplicada por la diſtancia CI, expreſarà el momento total de la preſion del Arco contra el Pie derecho.

Corolario I.

De aqui ſe infiere, que ſi LK es perpendicular à OA, y *s* repreſenta el ſeno del angulo LOK, *r* ſu coſeno, ſuponiendo la unidad

por

por el Radio, y que n expresa el peso de la mitad del Arco; en los Triangulos semejantes, y Rectangulos LKO, Xab, Xbd, se tendrà $1 : r :: a\text{X} : b\text{X} = rn$, y $1 : s :: b\text{X} : bd = rsn$: Substituyendo este valor en CR $\times bd$, y CI por CR, resultarà $rsn \times \text{CI}$ por el momento de la presion del Arco contra el Pie derecho; y si el peso de este se denota por W, tendrèmos (segun los principios de Mechânica) $rsn \times \text{CI} = \frac{1}{2}\text{BC} \times \text{W}$ en el estado del Equilibrio.

Corolario II.

Quando el Arco es un semicirculo, serà $r = s = \sqrt{\frac{1}{2}}$, y si es eliptico, ò un Arco de circulo, la altura OE rara vez es menor, que los dos tercios de la mitad del claro AS; y en este caso seràn proporcionales, $s : r :: 2 : 3$, y se tendrà el Radio igual à $\sqrt{4+9} = \sqrt{13}$: luego $rs = \frac{6}{13} = \frac{1}{2} - \frac{1}{26}$; lo qual es tan proxîmo à lo que resulta en el semicirculo, suponiendo $rs = \frac{1}{2}$, que apenas serà sensible en la prâctica la diferencia: y si n expresa la mitad del Area AEFG, la Equacion del Corolario antecedente serà $2n \times \text{CI} = \text{BC} \times \text{W}$.

Corolario III.

Si se atiende al ludimento de las Dovelas; exprese q el peso, que podria mover à una

una Piedra situada horizontalmente sobre otra: En este caso, respecto que el peso, ò fuerza es à su efecto en qualquiera otra direccion MO, como el Radio al seno s del angulo LOK (consta de la Machînaria), sq expresarà este efecto: Tambien el Radio es al coseno r, como el efecto en la direccion MO à rsq, efecto en la direccion horizontal db, que restado de la fuerza rsn, ya determinada, resultarà $rs(n-q) \times CI = \frac{1}{2}BC \times W$. Pero habiendose encontrado por experimentos, que una fuerza igual à la tercera parte del peso de un cuerpo, es suficiente para mover à este sobre un Plano liso en una direccion horizontal; la fuerza q, serà igual à lo menos à un tercio del peso n: por conseqüencia $\frac{2}{3} rsn \times CI = \frac{1}{2}BC \times W$, ò bien si $rs = \frac{1}{2}$, y n expresa un tercio de la Area AEFG, tendrèmos $2n \times CI = BC \times W$, como en el Corolario antecedente.

Advertencia Primera.

Como las superficies de las Dovelas ordinariamente son muy asperas, y por otra parte la mezcla contribuye à que no se resbalen unas sobre otras; es claro, que el momento, que hemos deducido aqui, es mayor del que sencillamente resulta de los pesos de las mismas Dovelas: y esto, sin considerar que el

peſo *n* debe diſminuirſe una tercera parte, por el ludimento, como ſe ha dicho en el Corolario anterior. Pero atendiendo, à que los Arcos ſubterraneos, han de ſoſtener con ſu proprio peſo, el de las Tierras que los carga, y que los que ſe conſtruyen ſobre el terreno, deben reſiſtir al impetu de las Bombas; no diſminuirèmos en nueſtras computaciones eſte momento, dexando à los Ingenieros el arbitrio de acortarle, ſiempre que ſu prudencia lo juzgue conveniente: lo qual ſe puede hacer ſuponiendo que *n* expreſa qualquiera parte de la Area AEFG en los ſiguientes Calculos.

Advertencia Segunda.

Con el angulo AOL ſe aumenta la perpendicular CQ, ò el momento del Arco, haſta que el expreſado angulo ſea recto; y en eſte caſo CQ es igual à la linea CV, terminada por la horizontal, que paſa por medio de la junta mas elevada EF: luego CV es la mayor diſtancia entre todas las CQ, y quando XQ paſa por el punto de apoyo C, ſerà CQ $=$ o: Si la direccion XQ paſa entre los puntos B, y C, ſe hace negativa, y la mayor de eſtas quando es igual à DG $+ \frac{1}{2}$AG. La parte del Arco deſde la junta donde CQ $=$ o, haſta ſu arranque AG, en lugar de obrar contra el Pie derecho, le añade fuerza; pero como la ante-

tecedente propriedad del Centro de gravedad, es general, ya sea, ò no positiva la perpendicular CQ, no tenemos necesidad de considerar separadamente la parte negativa.

PROBLEMA II.

Hallar el espesor BC de los Pies derechos, que han de sostener à un Arco terminado por dos semicirculos concentricos, descritos desde el punto O en la linea AS, que pasa por los arranques del mismo Arco.

SUponganse los Radios AO $= a$, OG $= b$; la altura del Pie derecho AB $= c$, su espesor BC $= z$, y la perpendicular LK $= m$. Los Triangulos Rectangulos OHL, HDI son Isoceles; luego tendrèmos OH $= 2m$, DH $=$ DI $= a + z - 2m$, y CI $= c - a - z + 2m$, ò bien, considerando $C - a + 2m = g$, serà CI $= g - z$: y respecto que W $= cz$, substituyendo estos valores en la formula $2n \times$ CI $=$ BC $\times$ W determinada en el Corolario II. de la Proposicion primera, resultará $2ng - 2nz = czz$, ò bien $czz + 2nz = 2ng$; de donde se saca $cz + n = \sqrt{2cng + nn}$.

Por medio de esta Equacion se descubre el espesor, que corresponde al Pie derecho; pero antes de aplicarla, es preciso determinar los valores de m, y n. Supógase, que la unidad

sea à r, como el diametro de un Circulo à su circunferencia; y se hallarà por la Geometrìa, que $\frac{1}{4}raa$, y $\frac{1}{4}rbb$, expresaràn las Areas de los Quadrantes, y $4n = rbb - raa$. Las Semiespheras producidas por la revolucion de estos Quadrantes al rededor del Exe GO, seràn $\frac{2}{3}ra^3$, y $\frac{2}{3}rb^3$; y su diferencia darà el Solido generado por la Area del Arco GE sobre el mismo Exe. Este mismo Solido (por una propriedad conocida del Centro de gravedad), tambien es igual al producto del Plano generador n, multiplicado por la circunferencia $2rm$, que describe en la rotacion su Centro de gravedad L. De donde se sigue, que $2rnm = \frac{2}{3}rb^3 - \frac{2}{3}ra^3$, ò bien $3nm = b^3 - a^3$; y dividiendo esta Equacion por $4n = rbb - raa$, darà $\frac{3}{4}rm = a + \frac{bb}{a+b}$.

Exemplo.

Sea $a = 12$, $b = c = 15$; y respecto, que (segun *Ludolfo Van-Ceulen*) $r = 3.14159$, tendrèmos $n = \frac{1}{4}r\,(bb - aa) = 63.6171$, ò bien $\frac{n}{2} = 31.808\frac{1}{2}$; $a + \frac{bb}{a+b} = 20\frac{1}{3}$; de que resulta $m = 8.629$, $g = c + 2m - a = 20.258$, y $2cg + n = 639.548$: multiplicando esta ultima expresion por $31.808\frac{1}{2}$, darà 20343.062558 por la suma de los terminos conocidos, que incluye el Signo Radical; de cu-

cuya Raiz quadrada 142.69, reſtando el termino conocido 31.808, y partiendo la diferencia por el coeficiente $c = 15$, ſe deſcubre $z = 7.388$, ò bien BC = 7 pies, y 4. pulgadas.

Si atendiendo al ludimento, tomamos ſolo 21.2056, que es un tercio del valor de n, ſe tendrà $2cg + n = 628.9456$, que multiplicado por 21.2056, darà 13337.168815 por la ſuma de los terminos que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada 115.866, reſtando el termino conocido 21.2056, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, reſultarà $z = 6.285$, ò bien BC = 6 pies, y 3. pulgadas.

PROBLEMA III.

Determinar el eſpeſor BC de los Pies derechos, quando el lado exterior FG del Arco es una linea recta perpendicular al Radio OM, que biſeca al Quadrante OAE. Fig. 2.

ES manifieſto, que los Triangulos OLH, HDI ſon los miſmos en eſta Figura, que en la primera; luego eſte Problema ſolo difiere del antecedente en los valores de n, y m: De que ſe ſigue, que ſi ſuponemos $OM = b$, y los demàs datos como antes; tendrèmos en el Triangulo Iſoceles Rectangulo GOF, $GF = 2b$; y bb expreſarà la Area de eſte Triangu-

gulo: el Quadrante OAE es igual à $\frac{1}{4}raa$; por consiguiente $n = bb - \frac{1}{4}raa$.

Siendo $OF = b\sqrt{2}$, el Cono producido por la revolucion del Triangulo OFG al rededor del Exe OF, serà $\frac{2}{3}rb^3\sqrt{2}$: La Semiesphera interior es $\frac{2}{3}ra^3$; y respecto que la unidad es à $2r$, como el Radio $KL = OK = m$ es à la circunferencia $2rm$ descrita en la rotacion por el Centro de gravedad L, tendrèmos $3nm = b^3\sqrt{2} - a^3$, por lo que se ha dicho antecedentemente (despues de haber multiplicado todo por 3, y dividido por $2r$); conseqüentemente resultarà $g = c + 2m - a$, y $cz + n = \sqrt{2cgn + nn}$, como en el Problema II.

Exemplo.

Supongase $a = 12.5$, $b = 15.5$, $c = 15$; serà $n = 117.5387$, $m = 9.3988$, $g = 21.2976$; y si tomamos 58.7694, mitad del valor de n, tendrèmos $2cg + n = 697.6974$, que multiplicado por 58.7694, darà 41003.257579 por la suma de los terminos que incluye el Signo Radical: La Raiz quadrada de esta cantidad es 202.492, de quien restando el termino conocido 58.769, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, resulta $z = 9.58$, ò bien BC = 9 pies, y 7. pulgadas.

Pero si tomamos 39.1796, que ès un tercio solo de n, considerando el ludimento; en

este



este caso tendrémos $2cg + n = 678.1076$, que multiplicado por 39.1796, darà 26567.984585 por la suma de los terminos que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada 162.996, quitando el termino conocido 39.1796, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, resultarà $z = 8.254$, ò bien $BC = 8$ pies, y 3. pulgadas.

Advertencia.

Todos los Arcos requieren un cierto espesor en los riñones M, para sostener su propio peso, y en los Almacenes de polvora hay que atender ademàs à la resistencia que deben hacer al impulso de las Bombas; pero el modo de determinarlo exâctamente es muy dificil. Es verdad, que *Mr. Vauban* le hace de 3. pies (medida de Paris) en un Arco de 25. de claro; y como sus Almacenes estàn bien acreditados por todas razones, no la hay de dudar, que este espesor sea suficiente para los Arcos de aquella anchura. Pero si considèramos, que la fuerza, que sostiene una Viga, es como el Quadrado de su altura dividido por la Palanca de la fuerza aplicada (como demonstramos en el Problema I. de la Seccion inmediata): en este caso, la altura de la Viga se representarà aqui por el espesor del Arco, y la Palanca por su Radio. El Radio 12.5 pies es à qualquiera

otro

otro Radio, como el Quadrado 9 del espesor 3, es al Quadrado del espesor, que se busca. De donde se infiere esta Regla: *Multipliquese el Radio de qualquier Arco por 9, y dividase el producto por 12.5; y la Raiz quadrada del quociente serà el espesor de este Arco.*

PROBLEMA IV.

Hallar el espesor BC, que corresponde à los Pies derechos, quando el lado interior del Arco es una linea recta paralela al lado exterior.

Suponiendo los mismos datos, que en el Problema antecedente, tendrèmos $n = bb - aa$, $3nm = (b^3 - a^3) \times \sqrt{2}$, ò bien $\frac{3m}{\sqrt{2}} = a + \frac{bb}{a+b}$, $g = c + 2m - a$, y $cz + n = \sqrt{2cgn + nn}$.

Exemplo.

Sea $a = 12.5$, $b = 15.5$, $c = 15$; serà $n = 84$, $a + \frac{bb}{a+b} = 21.08$, ò bien $m = 9.937$, $g = 22.374$, y $2cg + n = 713.22$, que multiplicado por 42 mitad del valor de n, darà 29955.24 por la suma de los terminos, que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz qua-

dra-

drada 173.075, restando el termino conocido 42, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, resultarà $z = 8.738$, ò bien BC = 8 pies, y 8.8 pulgadas; esto es, cerca de un Pie menor que en el ultimo Exemplo. La razon consiste, en que en aquel, n es igual à 117, y en este, solo à 84: luego el Pie derecho tiene aqui menos peso, ò empujo que sostener.

PROBLEMA V.

Determinar el espesor BC de los Pies derechos, quando el Arco se comprehende entre dos porciones de Circulos descritos desde un mismo Centro O inferior à la linea AS, que pasa por los arranques. Fig. 3.

TIrese la cuerda AE; prolonguese el Radio OA hasta encontrar en R al Arco GF; la linea OD (paralela à PA) corte à CI en D, y à la direccion LI en H, y sea OA $= a$, OM $= b$, AP $= p$, PE $= d$, AE $= h$, el Arco AE $= u$.

Esto supuesto, tendrèmos $\frac{1}{2}au$ por la Area del Sector OAE; y como los Sectores OAE, ORF son semejantes, seràn como los Quadrados de sus Radios: luego $aa : bb :: \frac{1}{2}au : \frac{bbu}{2a} =$ ORF, y $2na = u\,(bb - aa)$.

Los Solidos producidos por la revolucion de estos Sectores, al rededor de una linea,

que paſa por el Centro O, perpendicular à la linea OM, ſon los dos tercios de los Cilindros de las miſmas baſes, y cuyas alturas ſon las cuerdas de eſtos Arcos (como conſta de la Geometria practica): Siendo las baſes raa, rbb, y las alturas h, $\frac{bh}{a}$, ſeràn eſtos Solidos $\frac{2}{3}raah$, $\frac{2r}{3a}hb^3$; y ſuponiendo $OL = m$, tendrèmos $3amn = h(b^3 - a^3)$.

Los Triangulos Rectangulos OLH, HDI ſon ſemejantes al Triangulo APE; por conſiguiente, ſeràn proporcionales $PE = d : AE = h :: OL = m : OH = \frac{hm}{d}$, y ſe tendrà $DH = p + z - \frac{hm}{d}$. Aſimiſmo $AP = p : PE = d :: DH = p + z - \frac{hm}{d} : DI = d + \frac{dz}{p} - \frac{hm}{p}$. Reſpecto que $OP = a - d$, reſtando la ſuma de DI, y OP de la altura del Pie derecho c, reſultarà $CI = c - a + \frac{hm}{p} - \frac{dz}{p}$; ò bien ſi $g = c - a + \frac{hm}{p}$, ſerà $CI = g - \frac{dz}{p}$, y por conſeqüencia $czz = 2ng - \frac{2ndz}{p}$ *; y ſuponien-

* *Corol. III.* Prob. I.

niendo $dn = pq$, la Raiz quadrada de esta Equacion darà $cz + q = \sqrt{2cng + qq}$.

De aqui se sigue, que si la altura PE del Arco es los dos tercios de AP, esto es, $d = \frac{2}{3}p$; el Triangulo Rectangulo APE, darà $h = \frac{p}{3}\sqrt{13}$, y el Triangulo Rectangulo APO, darà $12u = 13p$: Por ser $PO = a - d$, y $q = \frac{dn}{p}$, tendrèmos $PO = \frac{5}{13}a$, $q = \frac{2}{3}n$, y $g = c + \frac{m}{3}\sqrt{13} - a$. Pero $AO = a$, es à $PO = \frac{5}{13}a$, como el Radio 100000 à 38461, Coseno del angulo AOP; por consiguiente este angulo es de 67°, y 23^{I} proxîmamente, ò bien $67\frac{23}{60}$ grados. Expresando ra la mitad de la circunferencia del Radio a, seràn proporcionales, 180° à $67^\circ\ 23^{I}$, como ra à $u = \frac{4043}{10800}ra$.

Exemplo.

Sea $AP = p = 12$, $c = 15$; serà $a = 13$, y $b = 16$: luego $h = 14.422$, $u = 15.2887$, $n = 51.1583$, $m = 13.727$, $q = 17.0527$, $g = 18.4975$; y $2cng = 14194.5095$, $qq = 290.9753$: consiguientemente, 14485.4848 serà la suma de los terminos que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 120.355, de quien restando el termino conocido 17.053, y partiendo la diferencia por

el coeficiente 15, ſe tendrà $z = 6.886$, ò BC = 6 pies, y 10. pulgadas, que es menor que $z = 7.388$ deſcubierto en el Problema II.

PROBLEMA VI.

Fig. 4. *Hallar el eſpeſor BC de los Pies derechos, quando el lado exterior FG es una linea recta paralela à la cuerda AE, y los demàs datos como en el Problema antecedente.*

ES evidente, que eſte Problema ſolo difiere del V. en los valores de m, y n: luego ſiendo ſemejantes los Triangulos Rectangulos APE, OMF, tendrèmos AP $= p$: PE $= d$ :: OM $= b$: MF $= \frac{bd}{p}$: Siendo MR $=$ MF, ſerà $\frac{bbd}{p}$ la Area del Triangulo ORF; y expreſando $\frac{1}{2}au$ la Area del Sector OAE, reſultarà $2pn = 2dbb - apu$.

El Solido producido por la revolucion del Triangulo ORF al rededor de un Exe, que paſa por el Centro O, paralelo à la cuerda AE, es los dos tercios del Cilindro de la miſma baſe, y altura; y ſiendo la baſe rbb, y la altura RF $= \frac{2bd}{p}$, ſerà eſte Solido $\frac{4rdb^3}{3p}$: El Solido producido por el Sector OAE en eſta rotacion es $\frac{2}{3}raah$; conſiguientemente, tendrèmos

3mnp

$3mnp = 2db^3 - aahp$, despues de haber multiplicado todo por $3p$, y partido por $2r$.

Y por ultimo suponiendo $g = c - a + \frac{hm}{p}$, y $dn = pq$, se deduce $cz + q = \sqrt{(2cng + qq)}$, como en el Problema antecedente. Si el Centro O se concibe, que coincide con el punto P, resultaràn iguales las lineas a, p, d, y las Equaciones de los Problemas V, y VI, seràn las mismas, que las del II, y III; con esta diferencia, que en aquellos OL es igual m, y en estos LK $= m$.

Si PE es los dos tercios de AP, descubrirèmos los mismos valores, que en el Problema antecedente; esto es $d = \frac{2}{3}p$, $q = \frac{2}{3}n$, $12a = 13p$, $b = \frac{p}{3}\sqrt{13}$, $g = c + \frac{1}{3}m\sqrt{13} - a$, y $u = \frac{4043}{10800}ra$.

Exemplo.

Sea $p = 12$, $c = 15$; serà $a = 13$, $b = 16$, $u = 15.288$, $n = 71.289$, $m = 14.139$; y si tomamos la mitad del valor de n, tendrèmos $q = 23.763$, $2cng = 20312.0183$, $qq = 564.6802$, y 20876.6985 serà la suma de los terminos que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada 144.487, restando el termino conocido 23.763, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, darà $z = 8.04$,

que

que es menor que $z = 8.254$. descubierto en el Problema III.

En las dos ultimas Figuras hemos despreciado el pequeño espacio AGR, por que siendo de poca consideracion, hubiera embarazado mucho las Operaciones; ademàs, que en la practica es imposible una exâctitud Geometrica, la qual tampoco es necesaria, mayormente quando apartandose de èlla (sin error sensible) se hacen los Calculos mas simples, y mas faciles, como sucede en el caso presente.

PROBLEMA VII.

Fig. 5. *Determinar el espesor BC de los Pies derechos, quando el Arco se comprehende entre dos porciones de Circulos, descritos desde el Centro O situado en la linea AS que pasa por los arranques del Arco.*

Los valores de m, y n es evidente, que son aqui los mismos, que en el Problema V, respecto que tenemos los mismos Sectores, y Triangulos, que en la Figura 3: luego $2na = u(bb - aa)$, y $\frac{3um}{2h} = a + \frac{bb}{a+b}$.

Por la semejanza de los Triangulos PEA, OLH, tenemos PE $= d$: AE $= h$ :: OL ($= m$) : OH $= \frac{hm}{d}$; y por consiguiente $a + z$

$-\frac{bm}{d} = DH$. Aſimiſmo los Triangulos ſemejantes APE, HDI, daràn AP $= p$: PE $= d$ :: DH $= a + z - \frac{bm}{d}$: DI $= \frac{ad}{p} + \frac{dz}{p} - \frac{bm}{p}$; de donde reſulta CI $= c - \frac{da}{p} - \frac{dz}{p} + \frac{bm}{p}$, ò bien ſi $g = c - \frac{da}{p} + \frac{bm}{p}$, ſerà CI $= g - \frac{dz}{p}$; y por conſeqüencia $czz = 2ng - \frac{2nz}{p}$ *; y ſi $dn = qq$, la Raiz quadrada de eſta Equacion ſerà $cz + q = \sqrt{2cng + qq}$.

Si OP es un quarto del Radio OA; eſto es ſi el Radio es los dos tercios del claro del Arco, ſerà AP $= p = \frac{3}{4}a$; y el Triangulo Rectangulo OPE, darà PE $= d = \frac{a}{4}\sqrt{15}$, y el Triangulo APE tambien Rectangulo darà AE $= h = \frac{a}{2}\sqrt{6}$. Pero OE $= a$, es à OP $= \frac{1}{4}a$, como el Radio 100000 es al Co-ſeno 25000 del angulo AOE; por conſeqüencia eſte angulo ſerà de $75^{\circ}\ 32^{I}$, ò bien 75.5 $\frac{1}{3}$ grados.

Reſpecto que la unidad es à 3.15159, como el Radio a es à la ſemicircunferencia

3.14159a,

* *Corol. III.* Prob. I.

3.14159a, tendrèmos 180° à 75° 32', como la ſemicircunferencia 3.14159a es al Arco $u = 1.32a$ proxîmamente.

Exemplo.

Sea AP $= 12$, $c = 15$; ſerà $a = 16$, $b = 19$; luego $n = 69.3$, $m = 16.2645$, $g = 20.8985$; y ſi tomamos la mitad del valor de n, tendrèmos $q = 44.733$, $2cng = 21723.9907$, $qq = 2001.0413$, y la ſuma de los terminos que incluye el Signo Radical, ſerà 23725.032, de cuya Raiz quadrada 154.028, reſtando el termino conocido 44.733, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, reſulta $z = 7.2$, que es menor, que $z = 7.388$, que ſe hallò en el Problema II.

PROBLEMA VIII.

Fig. 6. *Determinar el eſpeſor BC de los Pies derechos, quando el lado exterior es una liea recta paralela à la cuerda AE, y los demàs datos como en el Problema antecedente.*

POr la ſemejanza de los Triangulos OMG, APE, ſon proporcionales PE $= d$: AP $= p$ :: OM $= b$: MG $= \frac{pb}{d}$; y ſiendo MG $=$ MR, tendrèmos $\frac{bbp}{d}$ por la Area del

Trian-

Triangulo OGR: aſimiſmo la Area del Sector OAE es $\frac{1}{2}au$: luego $2dn = 2bbp - adu$. Pero el Solido producido por la revolucion del Triangulo OGR al rededor de un Exe paralelo à EA, que paſe por el Centro O, es $\frac{4rp}{3d}b^3$; y el que deſcribe el Sector OAE en eſta rotacion es $\frac{2}{3}raah$: luego $3dmn = 2pb^3 - aadh$. Y atendiendo à que en eſta Figura ſe tienen los miſmos Triangulos, que en la anterior, ſeràn $g = c - \frac{da}{p} + \frac{hm}{p}$, $dn = pq$, y $cz + q = \sqrt{2cng + qq}$.

Si ſuponemos, que OP es un quarto del Radio OA, los valores de p, d, h ſeràn los miſmos que en el Problema VII.

Exemplo.

Supongaſe como en el Problema antecedente $p = \frac{3}{4}a$, $a = 16$, $b = 19$, $c = 15$; ſerà $d = \frac{a}{4}\sqrt{15}$, $h = \frac{a}{2}\sqrt{6}$; y $n = 110.74$, $u = 1.32a$, $m = 16.895$, $g = 21.933$: Si tomamos la mitad del valor de n, reſultarà $q = 71.796$, $qq = 5154.6656$, y $2ncg = 36432.9063$: luego la ſuma de los terminos, que incluyen el Signo Radical, ſerà 41587.5719, cuya Raiz quadrada es 203.93. Reſtando de eſta cantidad el termino conoci-

do 71.796, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, darà $z = 8.8$.

En las dos ultimas Figuras se han despreciado los espacios ERF, por que no siendo de consideracion, tampoco se podian incluir sin mucho embarazo en los Calculos; y como la escrupulosa delicadeza en la pràctica es mas molesta, que util; preferimos mejor la sencillez, que una grande exâctitud Geometrica, siempre que la misma pràctica lo permita, como ya se ha dicho en otro lugar.

L E M A.

El diametro OL, que en la Elipse biseca à la cuerda AE, que une los extremos de los dos Lam. 3. Fig. 7. *Semidiametros principales, ò Exes AO, EO, biseca tambien à la Area de su Quadrante ALEO.*

EL diametro OL divide en dos partes iguales à todas sus ordenadas, las quales son paralelas à la cuerda AE, como tambien à todas las lineas tiradas en el Triangulo AOE, paralelas à la base AE: luego biseca à la Area ALEO del Quadrante eliptico.

Corolario I.

De aqui se sigue, que siendo la Tangente LH (por la naturaleza de la Elipse) paralela à

la

la ordenada AE del diametro OL, y dividiendo este diametro à EA por medio en m, ſuponiendo al miſmo tiempo, que el angulo AOE es recto; reſultaràn las lineas Am, mO, y mE iguales entre sì: Luego el Triangulo OmA, como aſimiſmo ſu ſemejante OLH, ſeràn Iſoceles, y por conſeqüencia OL $=$ LH, y OK $=$ KH, tirando LK paralela à EO.

Corolario II.

Tambien ſe ſigue, que los Triangulos AOE, OLK ſon ſemejantes; por que los Triangulos OKL, HKL ſon totalmente iguales; pero el Triangulo HKL es ſemejante al Triangulo AOE: luego tambiem lo ſerà ſu igual OKL.

Corolario III.

Por una propriedad de la Elipſe ſon proporcionales OK : OA :: OA : OH $=$ 2OK; por conſiguiente OA $=$ OK $\sqrt{2}$. Tambien por la ſemejanza de los Triangulos AOE, OLK, ſe tiene OA: AE:: OK: OL; pero OA $=$ OK $\sqrt{2}$: luego por igualdad de razon, ſerà AE $=$ OL $\sqrt{2}$.

PROBLEMA IX.

Determinar el espesor BC de los Pies derechos, quando las lineas GF, AE en que se comprehende el Arco, son dos Quadrantes elipticos semejantes, descritos desde un mismo Centro O, Fig. 8. *y las juntas perpendiculares à las Tangentes en sus extremos.*

SEa OA $= a$, OG $= b$, OE $= d$, y los demàs datos, como en los Problemas antecedentes, serà OF $= \frac{bd}{a}$: de que se sigue, que el Quadrante circular descrito con el Radio OG $= b$ serà $\frac{1}{4}rbb$, y es al Quadrante eliptico OGF como OG $= b$ à OF $= \frac{bd}{a}$: luego se tendrà el Quadrante eliptico OFG $= \frac{rbbd}{4a}$, y el Quadrante OAE $= \frac{1}{4}rad$; y conseqüentemente $4an = rd\,(bb - aa)$, despues de haber multiplicado todo por $4a$.

Los Circulos descritos con los Radios OA, OG, en la revolucion de la Figura sobre el Exe OF, se expresaràn por raa, rbb; y respecto, que los Solidos producidos en esta rotacion por los Quadrantes elipticos, son los dos tercios de los Cilindros de iguales bases, y alturas, tendrémos $\frac{2}{3}raad$, $\frac{2rd}{3a}b^3$ por estos So-

li-

Lam. II.

Pauner sculp Bne.



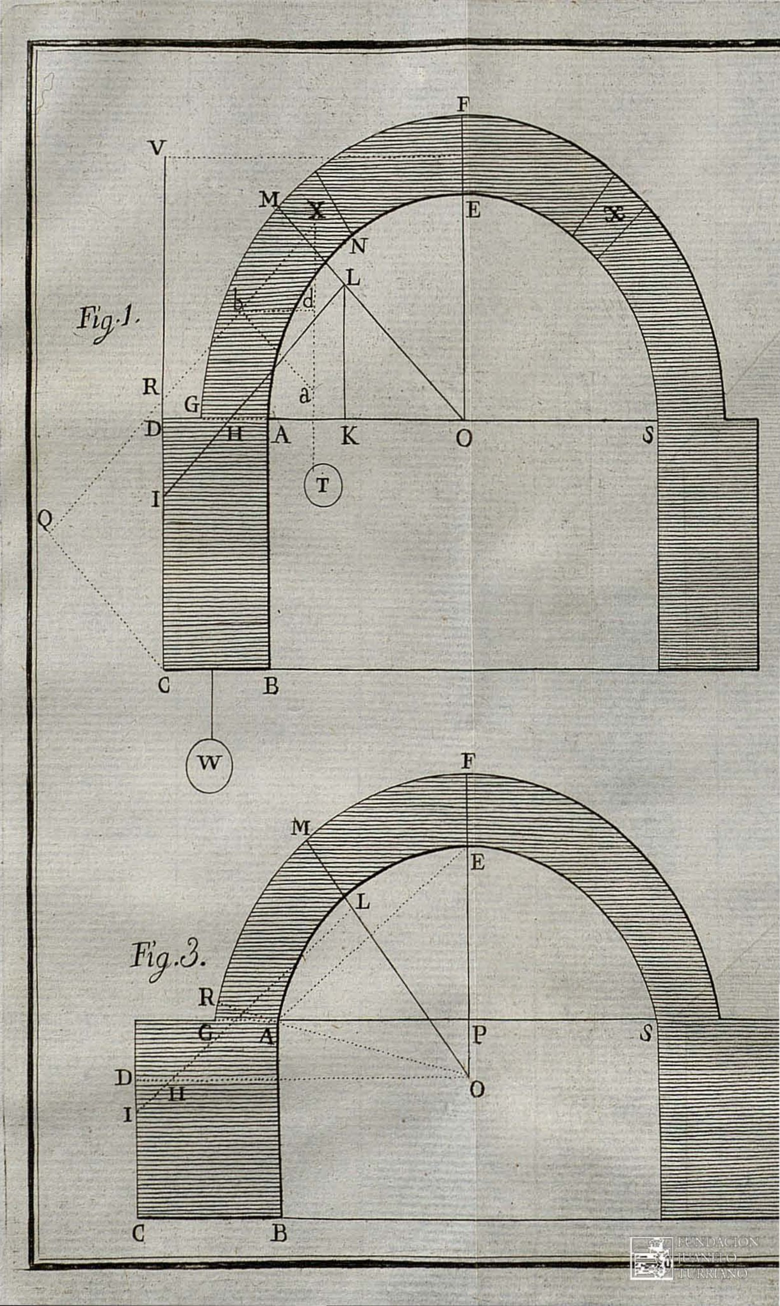
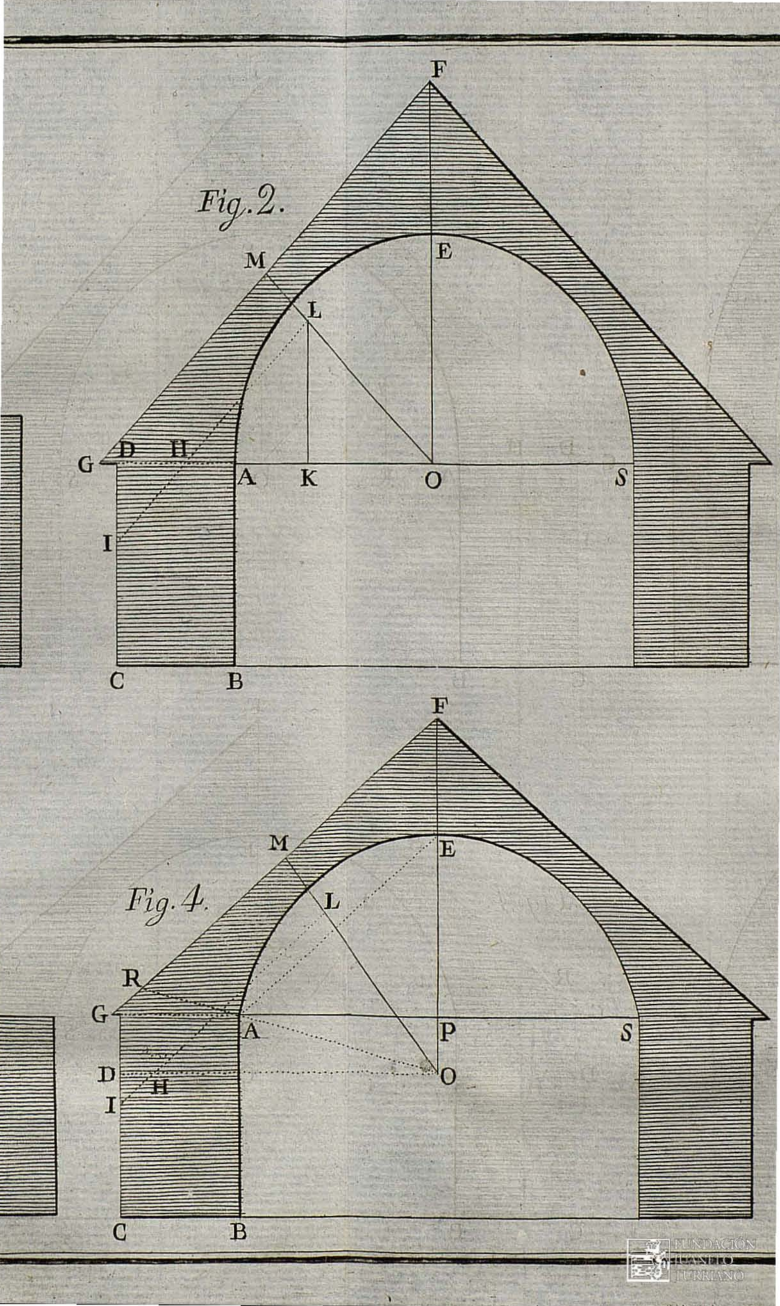
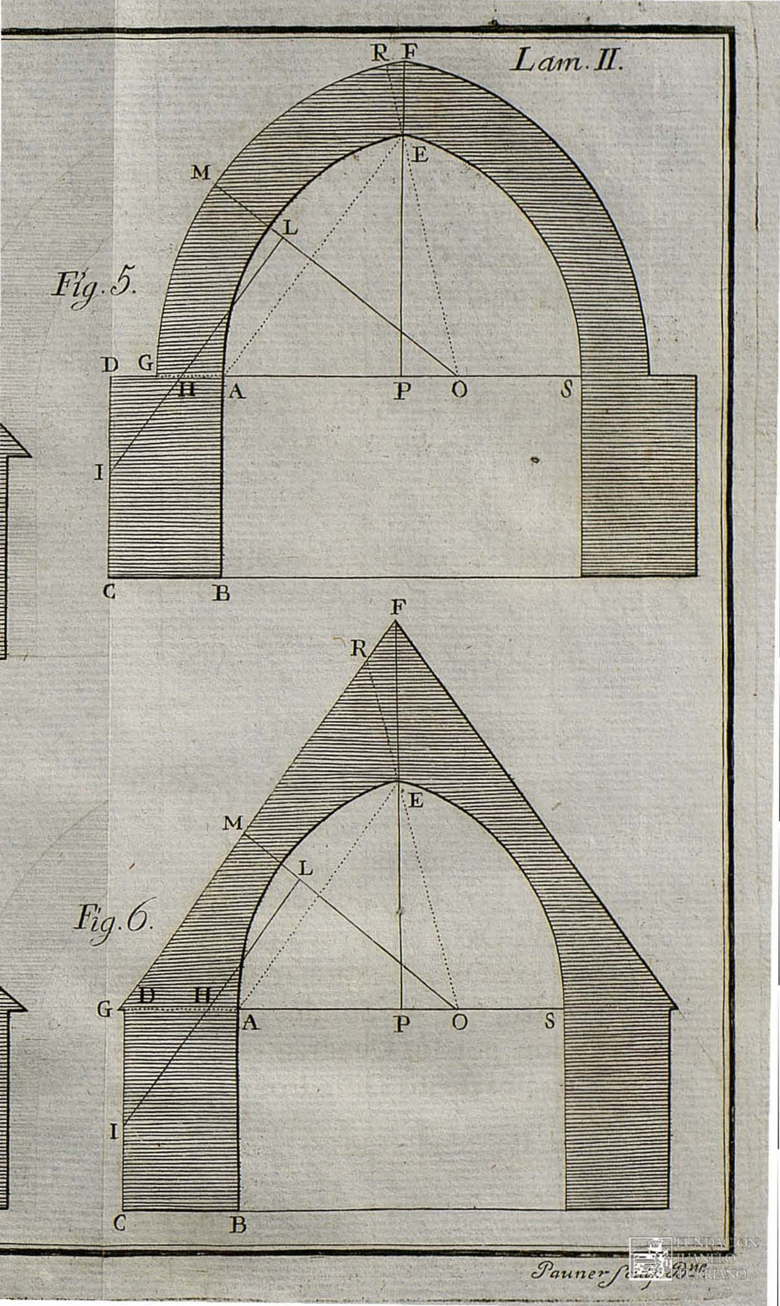
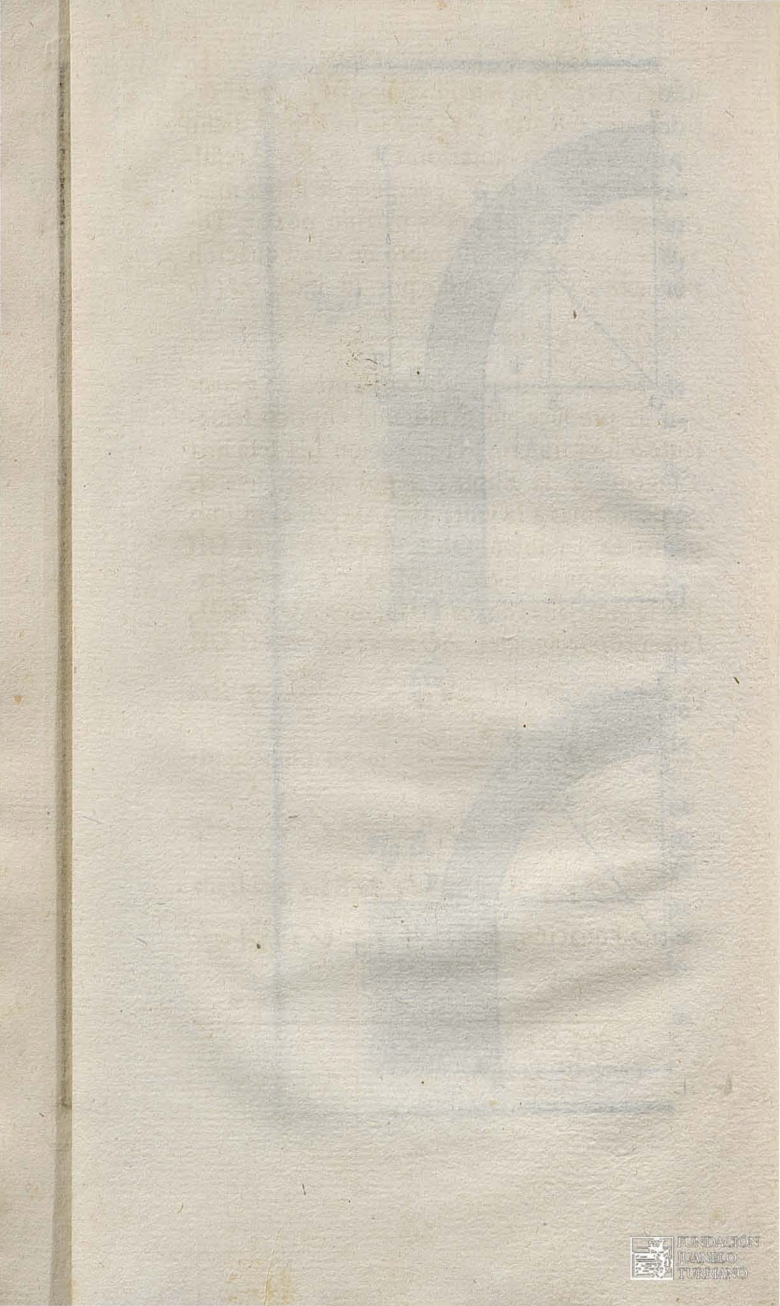


Fig.1.
F
V
M
X
E
X
N
L
b
d
R
a
G
D
H
A
K
O
S
T
I
Q
C
B
W
Fig.3.
F
M
E
L
R
G
A
P
S
D
H
O
I
C
B


F
Fig. 2.
M
E
L
G
D
H
A
K
O
S
I
C
B
F
M
E
Fig. 4.
L
R
G
A
P
S
D
H
O
I
C
B


Lam. II.
R F
E
M
L
Fig. 5.
D G
H A
P O S
I
C B
F
R
E
M
L
Fig. 6.
G D H
A
P O S
I
C B
Pauner sculp.



lidos, cuya diferencia ſerà igual à $2rmn$ (ſuponiendo OK $= m$, y por lo que ſe ha dicho en los Problemas anteriores); de donde reſulta $3amn = d(b^3 - a^3)$, deſpues de haber multiplicado todo por $3a$, y partido por $2r$. Dividiendo el primer miembro de eſta Equacion por $4an$, y el ſegundo por ſu igual $rd(bb - aa)$, darà $\frac{3}{4}rm = a + \frac{bb}{a+b}$.

Si concebimos, que el Centro de gravedad L produce un Quadrante eliptico ſemejante à los primeros; la direccion LH ſerà una Tangente à la Elipſe, y por conſeqüencia, perpendicular à la junta que paſa por el miſmo punto L. Tambien OK $=$ KH *, ò bien OH $= 2m$; de que ſe ſigue, que DH $= a + z - 2m$. Por la ſemejanza de los Triangulos AOE, HDI, ſon proporcionales AO $= a$: OE $= d$: : DH $= a + z - 2m$: DI $= d + \frac{dz}{a} - \frac{2md}{a}$, y ſerà CI $= c - d + \frac{2md}{a} - \frac{dz}{a}$: luego (ſuponiendo $g = c + \frac{2md}{a} - d$) ſe tendrà, $czz = 2ng - \frac{2ndz}{a}$ **; y ſi $aq = nd$, la Raiz quadrada de eſta Equacion, ſerà $cz + q = \sqrt{2cng + qq}$.

Exem-

* *Corol. I. Lem.*

** *Corol. III.* Prob. I.

Exemplo.

Sea $a = 12$, $b = c = 15$, $d = 9$; y como $r = 3.142$ proxìmamente, descubrirèmos $n = 47.72$, $m = 8.629$, $g = 18.943$; y tomando los dos tercios de la Area 47.72 por el valor de n, tendrèmos $q = 23.86$, y la suma de los terminos, que incluye el Signo Radical, serà 18648.4988; de cuya Raiz quadrada 136.559, restando el termino conocido 23.86, y partiendo la diferencia por 15, resultarà $z = 7.513$, ò bien BC = 7 pies, y 6. pulgadas.

PROBLEMA X.

Hallar el espesor BC de los Pies derechos, quando el lado exterior del Arco es una linea recta GF paralela à la cuerda AE, que subtende
Fig. 9. *al Quadrante eliptico AnE.*

SUpongase $AO = a$, $OE = d$, $OM = b$, $Om = Am = h$, y los demàs datos como en el Problema antecedente. Por razon de las paralelas AE, GF, seràn proporcionales, $Om = h : OE = d :: OM = b : OF = \frac{bd}{h}$, y $Om = h : OA = a :: OM = b : OG = \frac{ab}{h}$; luego $\frac{abbd}{2hh}$ expresarà la Area del Triangulo GOF; y co-



como la Area del Quadrante eliptico es $\frac{1}{4}rad$, tendrèmos $4hhn = ad(2bb - rhh)$, despues de haber multiplicado todo por $4hh$.

Los Circulos descritos por los Radios OA, OG en la revolucion de la Figura al rededor del Exe OF, son raa, y $\frac{raabb}{hh}$: luego los Solidos producidos en la misma rotacion, por el Quadrante OAE, y el Triangulo GOF, seràn $\frac{2}{3}raad$, y $\frac{raadb^3}{3h^3}$; conseqüentemente su diferencia debe ser igual à $2rmn$, por lo que ya se ha dicho, y se deducirà $6mnh^3 = aad(b^3 - 2h^3)$. Y como en todo lo demàs conviene esta Figura con la antecedente, se tendrà $g = c - d + \frac{2md}{a}$, $aq = nd$, y $cz + q = \sqrt{2cng + qq}$.

Exemplo.

Sea $a = 12$, $d = 9$, $c = 15$; serà $h = 7.5$, *, y $nO = \frac{AE}{\sqrt{2}} = 10.6$. Si determinamos de 3. pies el espesor Mn del Arco, resultarà $b = 13.6$, $n = 92.72$, $m = 9.23$, $g = 19.845$; y si tomamos los dos tercios del valor de n, descubrirèmos $q = 46.36$, y 38949.0238 por la suma de los terminos que incluye el Signo Radi-

* *Corol. III. Lem.*

dical, cuya Raiz quadrada es 197.355. Restando de esta cantidad el termino conocido 46.36, y partiendo la diferencia por el coeficiente 15, se tendrà $z = 10.066$ proxîmamente, que es 5. pulgadas mayor, que quando el interior del Arco es circular. Esta diferencia nace de la que tienen los pesos de los Arcos; pues en el Problema III. hallamos su Perfil de 117.538 pies quadrados, y en este solo de 92.72. Asi qualesquiera de estos Arcos se puede usar segun lo pida la ocasion.

Pero si se supone $c = 9$, sin alterar los demàs valores, se hallarà $z = 9.57$, que difiere muy poco del Problema III.

Quando el Arco se comprehende entre dos Elipses, no necesita con sus Pies derechos tanto material, como los de medio punto, ò circulares; pues en el Problema II. hallamos $z = 7$ pies, y 4. pulgadas, y en el IX, $z = 7$ pies, y 6. pulgadas: no obstante que *Mr. Belidor* deduxo lo contrario, concluyendo que los Arcos elipticos tienen mayor empujo, que los circulares. Esto serìa cierto, si los pesos de los Arcos fueran iguales; pero hemos hallado la Area del Arco circular de 63.62 pies, y del eliptico de 47.72; esto es, el peso del Arco circular es al peso del Arco eliptico, como 133 à 100 proxîmamente: luego el peso del primero es cerca de un tercio mayor, que el del segundo.

PRO-



PROBLEMA XI.

Determinar el espesor BC de los Pies derechos, ò Muros, quando tienen Contrafuertes, como VD, suponiendo, que el Arco se termina en un semicirculo por la parte interior, y en lineas rectas por la exterior. Fig. 10.

SEa la longitud del Contrafuerte CV $= h$, cuya altura es la misma que la del Muro, ò Pie derecho, y el intervalo de uno à otro, es à su espesor como 3 à 1.

Es manifiesto, que ya no es el punto C el que debe servir de apoyo; sino el punto V, ò extremidad del Contrafuerte, sobre quien se moverìa el Pie derecho, si el Arco le hubiese de trastornar. Asi, la distancia VI desde el Hypomochlio hasta la direccion LI, necesariamente se ha de encontrar en la linea VR.

Reteniendo los mismos valores, que en los casos antecedentes, hallarèmos $n = bb - \frac{1}{4}raa$, $3nm = b^3\sqrt{2} - a^3$, y OH $= 2m$, por el Problema III: luego RH $= a + h + z - 2m$, y VI $= c - a - h + 2m - z$, ò bien si $g = c - a - h + 2m$, serà VI $= g - z$; y por consiguiente $2ng - 2nz$ serà el doble momento del Arco. Asimismo expresando cz la Area del Pie derecho AC, y $h + \frac{1}{2}z$ la distancia desde su Centro de gravedad à la linea RV;

tendrèmos $chz + \frac{1}{2}czz$ por ſu momento. La Area hc del Contrafuerte multiplicada por $\frac{1}{2}h$, darà $\frac{1}{2}chh$ por ſu momento, que reducido en la Razon de 3 à 1, ſerà $\frac{1}{6}chh$. El duplo de la ſuma de eſtos dos ultimos momentos debe ſer igual al anterior *; y por lo miſmo reſultarà $czz + 2chz + \frac{1}{3}chh = 2ng - 2nz$: y ſuponiendo $q = n + ch$, la Raiz quadrada de eſta Equacion ſerà $cz + q = \sqrt{(2cng - \frac{1}{3}cchh + qq)}$.

Exemplo.

Sea $a = 12$, $b = 15$, $c = 9$, $h = 4$; darà $n = 112$, $m = 9.072$, $g = 11.144$, y $q = 148$: luego 43938.304 ſerà la ſuma de los terminos, que incluye el Signo Radical; de cuya Raiz quadrada 209.614, reſtando el termino conocido 148, y partiendo la diferencia por 9, reſulta $z = 6.846$ pies proxîmamente, ò bien BC = 6 pies, y 10. pulgadas, que es poco menos de lo que *Mr. Vauban* ſeñala à los Pies derechos con el miſmo Contrafuerte.

Si ſuponemos $c = 15$, $h = 5$, y no ſe alteran los demàs datos, tendrèmos $n = 112$, $m = 9.072$, $g = 16.144$, $q = 187$, y la ſuma de los terminos, que incluye el Signo Radical, ſerà 87337.84, cuya Raiz quadrada es 295.529. Reſtando de eſta cantidad el termino conocido 187, y partiendo la diferencia por 15

* Corolarios Prob. I.

15, resulta $z = 7.235$ pies proxîmamente, ò bien BC = 7 pies, y 3 pulgadas: en lugar, que *Mr. Belidor* determina solo 3 pies, y una pulgada por el mismo espesor; cuya diferencia pudo manifestarle la que hay entre su Theorìa, y la pràctica de *Mr. Vauban*, que sin embargo de no haber fundado sus Reglas sobre principios Theoricos, su grande experiencia, y conocimiento practico, le hizo llegar ordinariamente muy cerca de la verdad.

Si suponemos la altura del Pie derecho $c = 9$ pies, y la longitud h del Contrafuerte solo de 3 pies; hallarèmos $z = 7.746$, ò bien BC = 7 pies, y 9 pulgadas proxîmamente, que difiere 3 pulgadas no mas del espesor determinado por *Mr. Vauban*. Convinando esta Theorìa con las Reglas de este Autor, se verà que à los Contrafuertes les señala un Pie mas de lo justo en longitud.

Atendiendo, à que los mas de los pràcticos no estàn instruìdos en los principios de Algebra, y deseando yo, que este Libro sea util à todas las personas, que regularmente se emplean en esta clase de Obras, me parece serà grata à muchos de mis Lectores la siguiente Tabla, en la qual se expresan las dimensiones de los pies derechos, para Arcos de diferentes anchuras.



T A B L A

que expreſa las dimenſiones correſpondientes à los Muros, ò Pies derechos de los Almacenes de polvora.

	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
9	3.686	4.239	4.750	5.224	5.666	6.082	6.472	6.844	6.969	7.545	7.855	8.165	8.465	8.754
10	3.768	4.347	4.885	5.386	5.855	6.297	6.740	7.106	7.483	7.841	8.180	8.510	8.821	9.164
11	3.838	4.440	5.002	5.533	6.021	6.486	6.935	7.343	7.741	8.120	8.484	8.834	9.171	9.494
12	3.899	4.529	5.105	5.646	6.168	6.657	7 118	7.554	7.974	8.375	8.757	9.125	9.479	9.822
13	3.950	4.592	5.179	5.763	6.298	6.809	7.292	7.747	8.185	8.604	9.006	9.392	9.765	10.123
14	3.990	4.653	5.267	5.861	6.415	6.939	7.445	7.922	8.371	8.814	9.230	9.638	10.027	10.402
15	4.039	4.711	5.348	5.949	6.521	7.053	7.585	8 079	8.553	9.006	9.456	9.861	10.270	10.661
16	4.076	4.761	5.411	6.031	6.616	7.180	7.715	8.223	8.714	9 185	9.636	10.073	10.493	10.894
17	4.109	4.806	5.469	6.106	6.703	7.278	7.832	8.349	8.869	9.348	9.816	10.268	10.712	11.125
18	4.138	4.847	5.522	6.167	6.783	7.373	7.948	8.479	8.998	9.499	9.982	10.443	10.868	11.333
19	4.172	4.884	5.563	6.227	6.859	7.457	8.038	8.590	9.125	9.637	10.136	10.612	11.080	11.528
20	4.252	4.917	5.614	6.282	6.921	7.537	8.129	8.694	9.242	9.769	10.279	10.772	11.218	11.710

La primera linea horizontal 10, 12, 14, &c. expreſa en Pies el claro, ò abertura de los Arcos; y la primera vertical 9, 10, 11, &c. las alturas de los Pies derechos, cuyos grueſos (en pies, y decimales) los determinan reſpectivamente los demàs numeros de la Tabla.

Adviertaſe, que la longitud de los Contrafuertes la hemos regulado de una ſexta parte del claro del Arco, ò bien $3h$ ſiempre es igual al Radio a: cuya proporcion conſideramos ſer la mas ventajoſa reſpecto al eſpeſor de los Pies derechos; pues ſi ſe les dieſe mayor longitud, reſultarìan muy delgados los Pilares de los Arcos pequeños, y no podrìan ligar bien los materiales, que es un defecto, que debe evitarſe en las Obras.

Los que no eſtèn impueſtos en las Equaciones algebricas, ſe pueden arreglar à las dimenſiones, que determina la Tabla; en el concepto, que los Arcos ſeràn Solidos, y de duracion, ſi la Obra ſe executa bien, y los materiales ſon de buena calidad. No obſtante, ſe ha de obſervar el no quitar las Cimbras haſta ſeis meſes deſpues de conſtruìdo el Arco, à fin de dàr tiempo à la mampoſterìa para ſu aſiento, y enjugo, con cuya precaucion, ſe afianzarà la permanencia de la Obra.

PRO-

PROBLEMA XII.

Determinar el espesor de los Pies derechos, que tienen Contrafuertes, quando el lado interior del Arco es una Elipse.

Fig. 10. POr el Problema X. tenemos, $6mnh^3 = aad (b^3 - 2h^3)$, y $4hhn = ad(2bb - rhh)$. Asimismo por el Problema antecedente RH $= a + l + z - 2m$ (suponiendo CV $= l$). Los Triangulos OAE, HRI son semejantes, y por consiguiente seràn proporcionales OA $= a$: OE $= d$: : RH $= a + l + z - 2m$: RI $= d + \frac{dl}{a} + \frac{dz}{a} - \frac{2dm}{a}$: luego VI $= c - d - \frac{dl}{a} + \frac{2dm}{a} - \frac{dz}{a}$; y suponiendo $g = c - d - \frac{dl}{a} + \frac{2md}{a}$, se tendrà $2gn - \frac{2ndz}{a}$ por el Duplo del momento del Arco; el qual debe ser igual al doble del momento del Pie derecho, y Contrafuerte descubierto en el Problema XI, esto es, $czz + 2clz + \frac{1}{3}cll = 2ng - \frac{2dn}{a}z$; y si $q = cl + \frac{nd}{a}$, la Raiz quadrada de esta Equacion serà $cz + q = \sqrt{(2cng - \frac{ccll}{3} + qq)}$.

Exem-



Exemplo.

Sea $a = 12$, $d = c = 9$, $l = 4$; serà $n = 92.72$, por el Problema X: luego $g = 10.845$, y $q = 105.54$: Subſtituyendo eſtos valores en la Equacion antecedente, ſe tendrà 28806.5628 por la ſuma de los terminos que incluye el Signo Radical, cuya Raiz quadrada es 169.72. Reſtando de eſta cantidad el termino conocido 105.54, y partiendo la diferencia por 9, reſultarà $z = 7.13$ pies.

Eſte eſpeſor de los Pies derechos, ſolo excede en 3 pulgadas al que le correſponde quando el Arco es circular; pero la cantidad de mampoſterìa en el Arco circular, es à la cantidad de mampoſterìa en el eliptico, como 112 à 92.72, ò como 7 à 5.8 proxîmamente: luego es evidente, que el Arco eliptico junto con ſus Pilares, requiere menos mampoſterìa, que el Arco circular con ſus Pies derechos.

Y reſpecto que el Arco eliptico es mas fuerte en ſus riñones, que el circular; y que en la clave, donde es mas debil, ſe halla ſuficientemente cubierto en el preſente caſo con mampoſterìa; es claro que ſe puede uſar ſin recelo alguno, y aun en muchas ocaſiones con ventaja al circular, eſpecialmente quando por ſer mas baxo, queda preſervado de la viſta del Ene-

Enemigo, y por consiguiente menos expuesto à que le destruya.

PROBLEMA XIII.

Fig. 11. *Hallar el espesor de los Pies derechos de un Arco circular, quando carga sobre ellos un Muro AEFG, como sucede en las Puertas de algunas Fortalezas.*

Suponiendo los mismos datos, que en el Problema II, sea FG $=$ AE $= d$, y EF $= h$; serà dh la Area del Muro, que multiplicada por $z - \frac{1}{2}d$, darà $dhz - \frac{1}{2}ddh$ por su momento; y como el del Pie derecho es $\frac{1}{2}czz$, y el del Arco es $ng - nz$, por el Problema citado, se sigue, que $czz + 2dhz - ddh = 2ng - 2nz$; y si $q = n + dh$, resultarà $cz + q = \sqrt{2cng + cddh + qq}$.

Es preciso tener presente, que por el Problema II. se han deducido estas Igualaciones: $4n = rbb - raa$, $\frac{3}{4}rm = a + \frac{bb}{a+b}$, y $g = c - a + 2m$.

Exemplo.

Sea $a = 5$, $b = 7$, $c = 10$, $d = 2$, $h = 20$; serà $n = 18.852$, $m = 3.854$, $g = 12.708$, $q = 58.852$; y haciendo las operaciones que la

Equa-



Equācion indica, ſe hallarà z, ò BC $=$ 3 pies, y 3. pulgadas proxîmamente.

PROBLEMA XIV.

Determinar el eſpeſor de los Pies derechos, quando el Arco es eliptico, ſuponiendo un Muro ſobre ellos, como en el Problema antecedente.

SEa s la altura interior del Arco; ſerà por el Problema IX, $4an = rs(bb - aa)$, $\frac{3}{4}rm = a + \frac{bb}{a+b}$, $g = c - s + \frac{2ms}{a}$; y $2ng - 2nz$ expreſarà el duplo del momento del Arco, que igualandolo con el doble de la ſuma de los momentos del Pie derecho, y del Muro, deſcubiertos en el Problema XIII, ſe tendrà $czz + 2dhz - ddh = 2ng - 2nz$; y ſuponiendo $q = n + dh$, reſultarà $cz + q = \sqrt{(2cng + cddh + qq)}$. Fig. 11.

Exemplo.

Sea $a = 5$, $b = 7$, $c = 10$, $d = 2$, $h = 20$, y $s = 4$; ſerà $n = 15.08$, $m = 3.854$, $g = 12.166$, $q = 55.08$; y hechas las operaciones, que indica la Equacion, ſe hallarà $z = 3.154$ pies, que ſiendo poco menor que el valor antecedente de z, es evidente, que qualquiera de eſtas Figuras ſe puede uſar con igualdad.

PROBLEMA XV.

Fig. 12. *Determinar el espesor de los Pies derechos de un Arco circular, quando por la parte exterior se les dà un Declivio CD conocido.*

POr los puntos C, y D, tirense las lineas CE, DF paralelas à AB, y encuentre la direccion LH à CE en I. Si se supone BF $=z$, FC $=h$, y los demàs datos como en los casos anteriores; el Rectangulo cz multiplicado por $\frac{1}{2}z+h$, darà $\frac{1}{2}czz+chz$ por el momento de la parte AF del Pilar, y $\frac{1}{3}hhc$ serà el momento de la parte CFD: luego * $czz+2chz+\frac{2}{3}hhc=2ng-2nz$; y si $q=n+ch$, la Raiz quadrada de esta Equacion, serà $cz+q=\sqrt{(2cng-\frac{2}{3}cchh+qq)}$.

Los valores de m, y n son los mismos en este, que en el Problema XIII, y $g=c-a-h+2m$.

Exemplo.

Sea $a=5$, $b=7$, $c=10$, $h=2$; serà $n=18.852$, $m=3.854$, $g=10.708$, y $q=38.852$; y la suma de los terminos que incluye el Signo Radical darà 5279.5719; de cuya Raiz quadrada 72.66, restando el termino conocido 38.852, y partiendo la diferencia por

* Prob. II.



por 10, resulta $z = 3.38$ proxîmamente, ò bien BC = 5 pies, y 4. pulgadas.

PROBLEMA XVI.

Supuestos los mismos datos, que en el Problema antecedente, se pide determinar el espesòr de los Pies derechos, quando el Arco es eliptico.

ESTablecida la misma denominacion, que en el Problema XIV, hallarèmos en este los proprios valores de m, y n, que se deduxeron en aquel; y tambien $g = c - \frac{sh}{a} - s + \frac{2ms}{a}$: luego si $q = \frac{sn}{a} + ch$, resultarà por ultimo $cz + q = \sqrt{(2cng - \frac{2}{3}cchh + qq)}$, que es lo mismo que en el Problema antecedente.

Exemplo.

Seä $a = 5$, $b = 7$, $c = 10$, $s = 4$, $h = 2$; serà $n = 15.08$, $m = 3.854$, $g = 10.966$, y $q = 32.064$; y formadas las operaciones, que indica la Equacion, hallarèmos $z = 2.86$: luego BC = 4.86 pies.

PROBLEMA XVII.

Dada la altura MK de un Muro, y la base OP de su Declivio por la parte exterior; se pide determinar el espesor ML, quando el arranque del Arco está à menor altura, que la del mismo Muro.

Fig. 13.

SEa PO $= d$, PL $= h$, KP $= z =$ ML, y los demàs datos como en los casos anteriores. Multiplicando hz por $\frac{1}{2}z + d$, se tendrà $\frac{1}{2}hzz + dhz$ por el momento de la parte PM del Pie derecho; y $\frac{1}{3}ddh$ expresarà el momento de la otra parte OPL: y como en lo restante, es lo proprio este, que el Problema XV, se sigue, que $hzz + 2dhz + \frac{2}{3}ddh = 2ng - 2nz$; y suponiendo $q = n + dh$, la Raiz quadrada de esta Equacion serà $hz + q = \sqrt{(2nhg - \frac{2}{3}ddhh + qq)}$.

Exemplo.

Sea $a = 6$, $b = 8$, $c = 10$, $h = 16$, $d = 3$; serà $n = 22$ proxîmamente, $m = 4.486$, $g = c - a - d + 2m = 9.972$, $q = 70$; y concluyendo las demàs operaciones, que indica la Equacion, se hallarà $z = 2$ pies proxîmamente, y por conseqüencia KO $= 4$ pies.

Los Arcos son de grande utilidad en la construccion de las Galerìas, que se forman de-



debaxo del camino cubierto de una Plazà, como se ha executado en la de *Bergen-op-zoon*; pero quando se les dà demasiada anchura, resultan tambien muy elevados; y por este defecto son de preferir los Elipticos; cuya presion siempre la hemos hallado menor, que la de los circulares, atendiendo à su menor peso: Asi, los Calculos que se han hecho para los Arcos circulares se pueden aplicar con ventaja à los elipticos.

PROBLEMA XVIII

Determinar el espesor BF, ò AD del Pie derecho de un Arco, quando las Tierras empujan contra el Declivio exterior CD. Fig. 12.

SE ha demonstrado en la Seccion I, que la presion, ò empujo de las Tierras contra los Muros de Ladrillo, es equivalente à $\frac{2}{27}$ del Cubo de su altura; y como estos Muros de que hablamos, ordinariamente se construyen de Ladrillo, solo hay que añadir $\frac{2}{27}c^3$ al momento del Pie derecho, descubierto en el Problema XV, para tener en este caso la Equacion $cz + q = \sqrt{(2cng - \frac{2}{3}cchh - \frac{2}{27}c^4 + qq)}$.

Exemplo.

Supongase $a = 5$, $b = 7$, $c = 10$, $h = 2$; serà $n = 18.85$, $m = 3.854$, $g = 10.708$, y

q

$q = 38.85$. Substituyendo estos valores en la Equacion, y haciendo las demàs operaciones, que indica la misma, se hallarà $z = 2$ pies proxîmamente, y BC $= 4$ pies.

PROBLEMA XIX.

Lam. 4. Fig. 14. *Hallar el espesor de los Pies derechos con Estribos, quando sobre dos Arcos circulares, se ha de construir otro pequeño tambien circular.*

SUponiendo para el Arco inferior la misma denominacion, que en el Problema XI, considerense en el superior las proprias lineas, indicadas por las correspondientes letras minusculas; y sea oa $= s$, OQ $=$ ro $= f$, Qo $=$ Or $= x$, oh $= 2p$, y exprese u la mitad del Arco pequeño; resultarà $u = 0.777ss$, y $p = 0.756s$ por el Problema citado: Luego rh $=$ ri $= f - 2p$, Oi $=$ OH $= x - f + 2p$, RH $=$ RI $= a + h + z - x + f - 2p$, y VI $= c - a - h - z + x - f + 2p$; ò bien si $y = c + x + 2p - a - h - f$, serà VI $= y - z$, que multiplicado por $2u$, darà $2uy - 2uz$ por el duplo del momento del Arco superior: Añadiendo este à $2ng - 2nz$, doble del momento del Arco inferior, è igualando la suma al duplo del momento del Pie derecho, y Contrafuerte, que se determinò en el Problema XI; se tendrà $czz + 2chz + \frac{1}{3}chh = 2ng + 2uy - 2nz$

$-2nz-2uz$; conſiguientemente, ſi $q=ch+n+u$, la Raiz quadrada de eſta Equacion ſerà $cz+q=\sqrt{(2cng+2cuy-\frac{1}{3}cchh+qq)}$.

Exemplo.

Sea $a=12$, $c=s=8$; y ſi OQ $=f=14\frac{1}{3}$, Po $=5\frac{2}{3}$; ſerà Qo $=x=20$, $u=49.728$, $p=6.048$, $y=9.763$, y $n=112$, $m=9.072$, $g=10.144$, por el Problema XI; por conſiguiente ſe hallarà $q=197.728$: y la ſuma de los terminos, que incluye el Signo Radical, ſerà 64700.98, cuya Raiz quadrada es 254.363; de quien reſtando el termino conocido 197.728, y dividiendo la diferencia por el coeficiente 8, reſulta $z=7.08$ pies proxîmamente.

Hemos ſupueſto como vacio el eſpacio trilineal S entre los Arcos inferiores, y ſuperior; y tambien ſe ha deſpreciado un pequeño eſpacio entre el Arco inferior, y el Pie derecho del ſuperior; lo qual no puede producir ſenſible diferencia en el eſpeſor de los Pilares: Aſi, el Lector puede ſeguramente arreglarſe à lo que ſe ha determinado aqui, pues es ſuficientemente exâcto para la pràctica.

PRO-

PROBLEMA XX.

Determinar el espesor de los Pies derechos con Estribos, quando el Arco que han de sostener incluye otros dos pequeños.

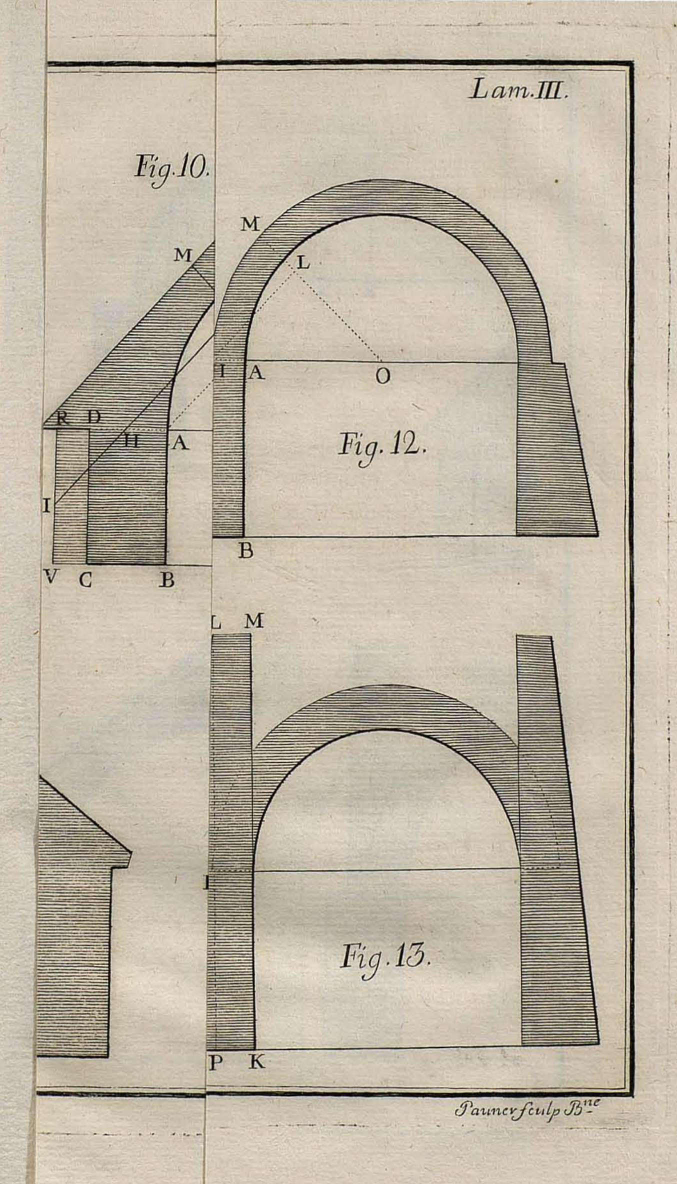
Fig. 15. SEa oa $= s$, Vr $=$ Ba $= x$, $u = 0.777ss$, $p = 0.756s$; serà oh $= 2p$*; y como or $= s + h + z$, tendrèmos rh $=$ ri $= s + h + z - 2p$; y Vi $= x - s - h - z + 2p$, ò bien suponiendo $y = x + 2p - s - h$, serà Vi $= y - z$; y por consiguiente $2yu - 2uz$ expresarà el duplo momento del Arco inferior.

Supongase ahora para el Arco mayor, los mismos valores, que en el Problema XI, esto es, $n = 0.777aa$, $m = 0.756a$, y $g = c + 2m - a - h$; se tendrà $2ng - 2nz$ por el doble del momento del mismo Arco: luego $czz + 2chz + \frac{1}{3}chh = 2ng + 2yu - 2nz - 2uz$; y si $q = ch + n + u$; la Raiz quadrada de esta Equacion serà $cz + q = \sqrt{(2cng + 2cyu - \frac{1}{3}cchh + qq)}$.

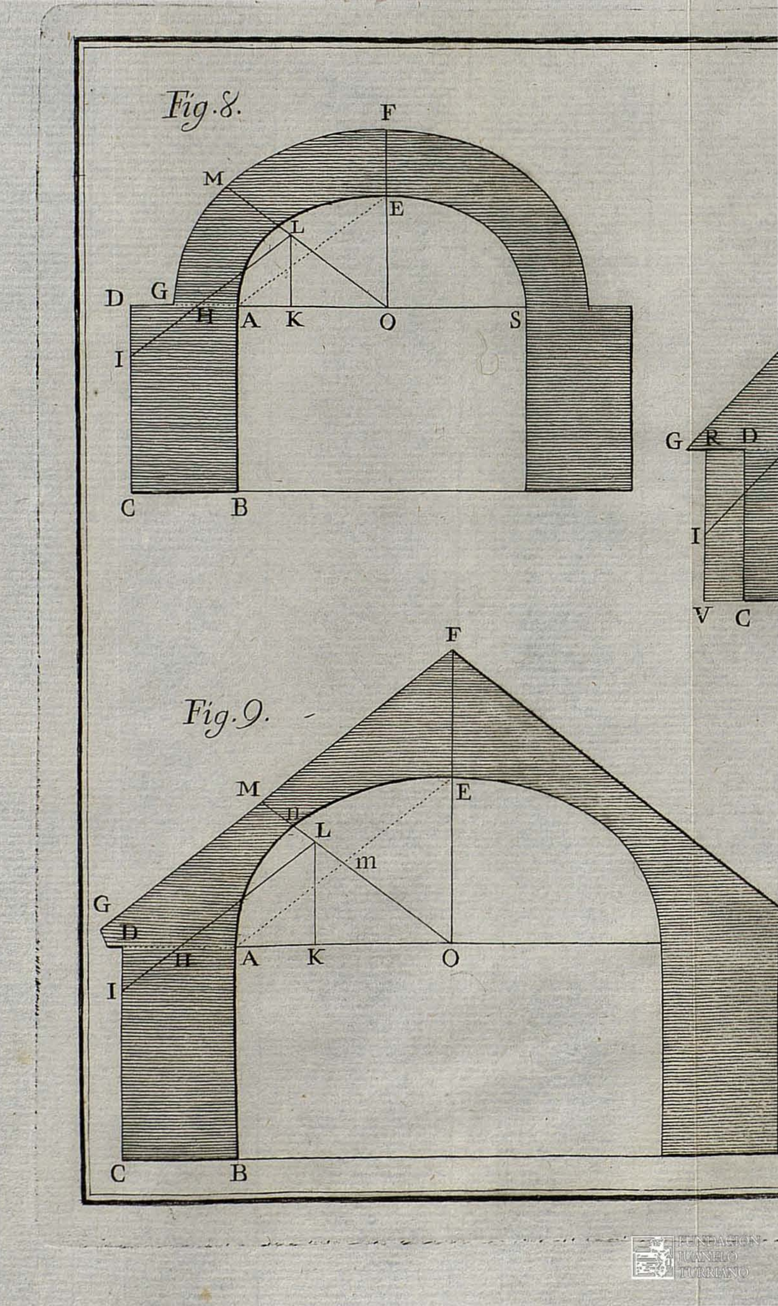
Exemplo.

Sea $a = 15$, $c = 26$, $x = s = 9$, $h = 4$; serà $u = 27.972$, $p = 4.536$, $y = 5.072$, $n = 174.825$, $m = 11.34$; y $g = 29.38$, $q = 306.796$.

* Prob. XI.



Pauner sculp Bne


Fig. 8.
F
M
E
L
D
G
H
A
K
O
S
I
C
B
G
R
D
I
V
C
F
Fig. 9.
M
E
n
L
m
G
D
H
A
K
O
I
C
B

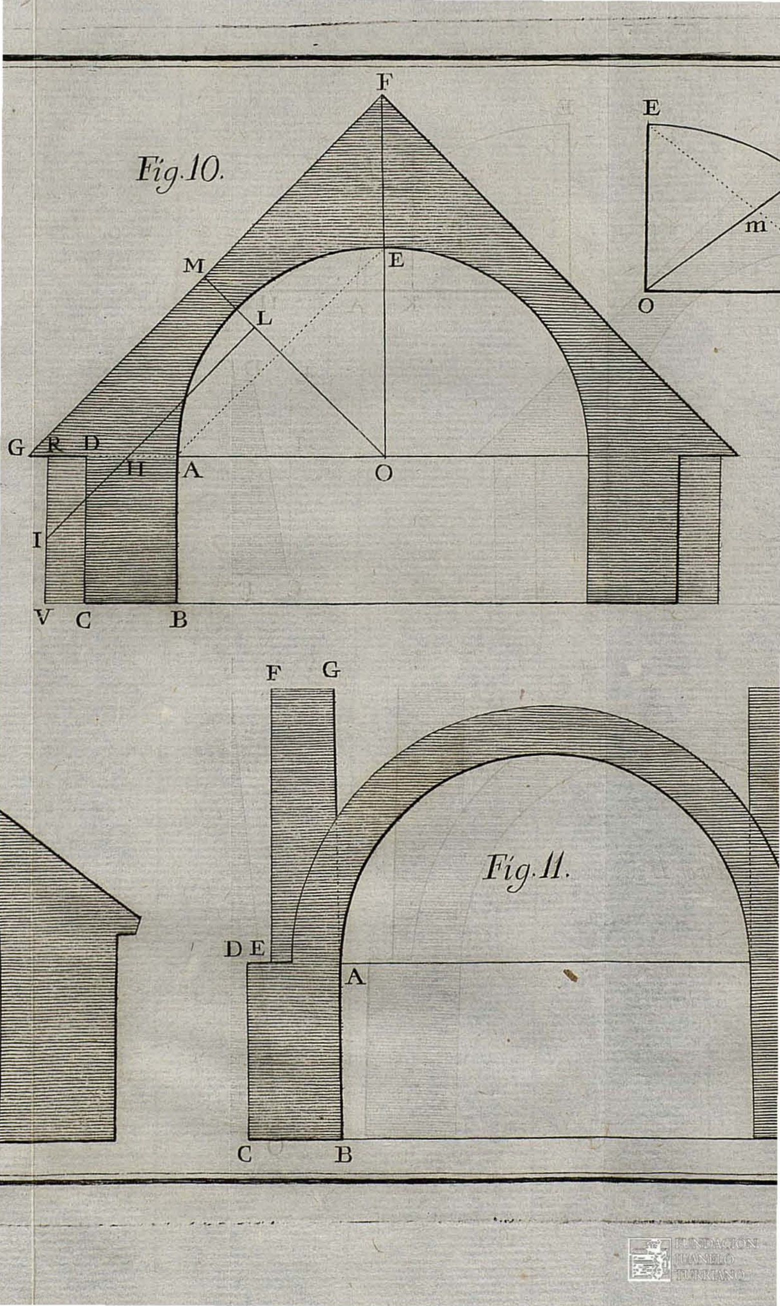
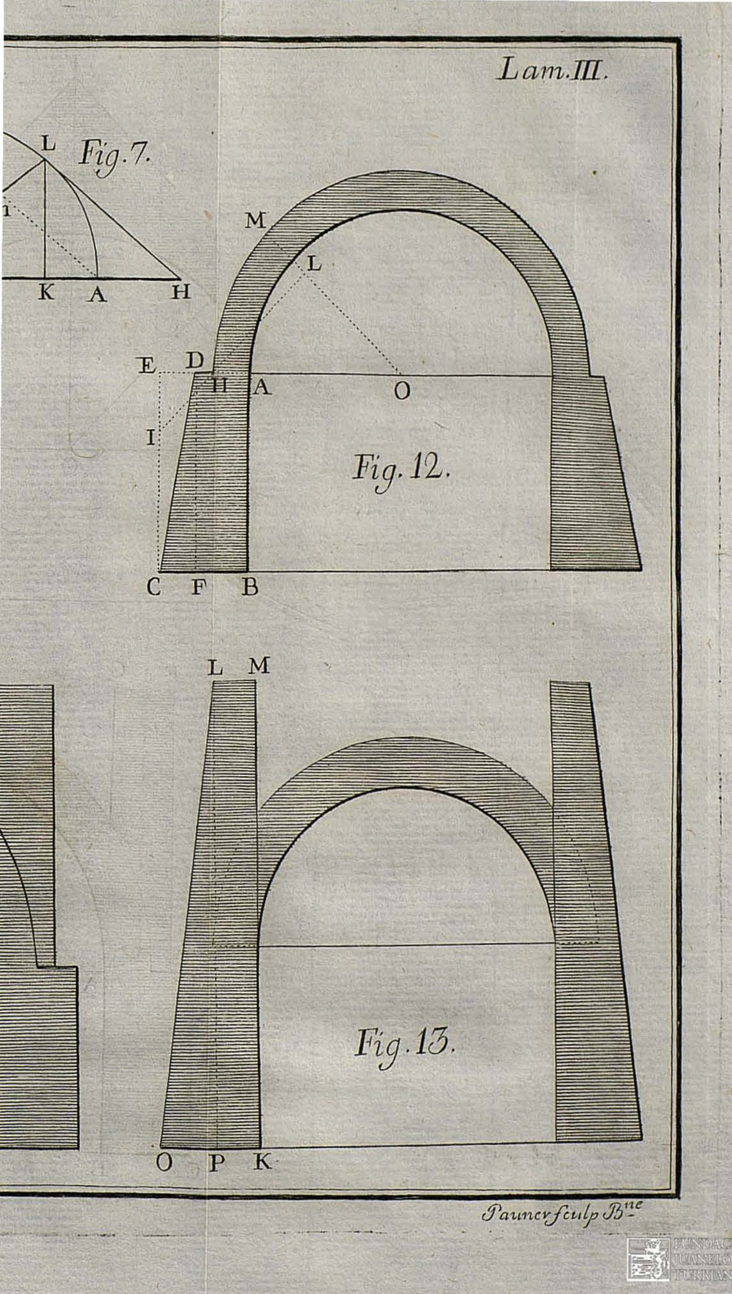
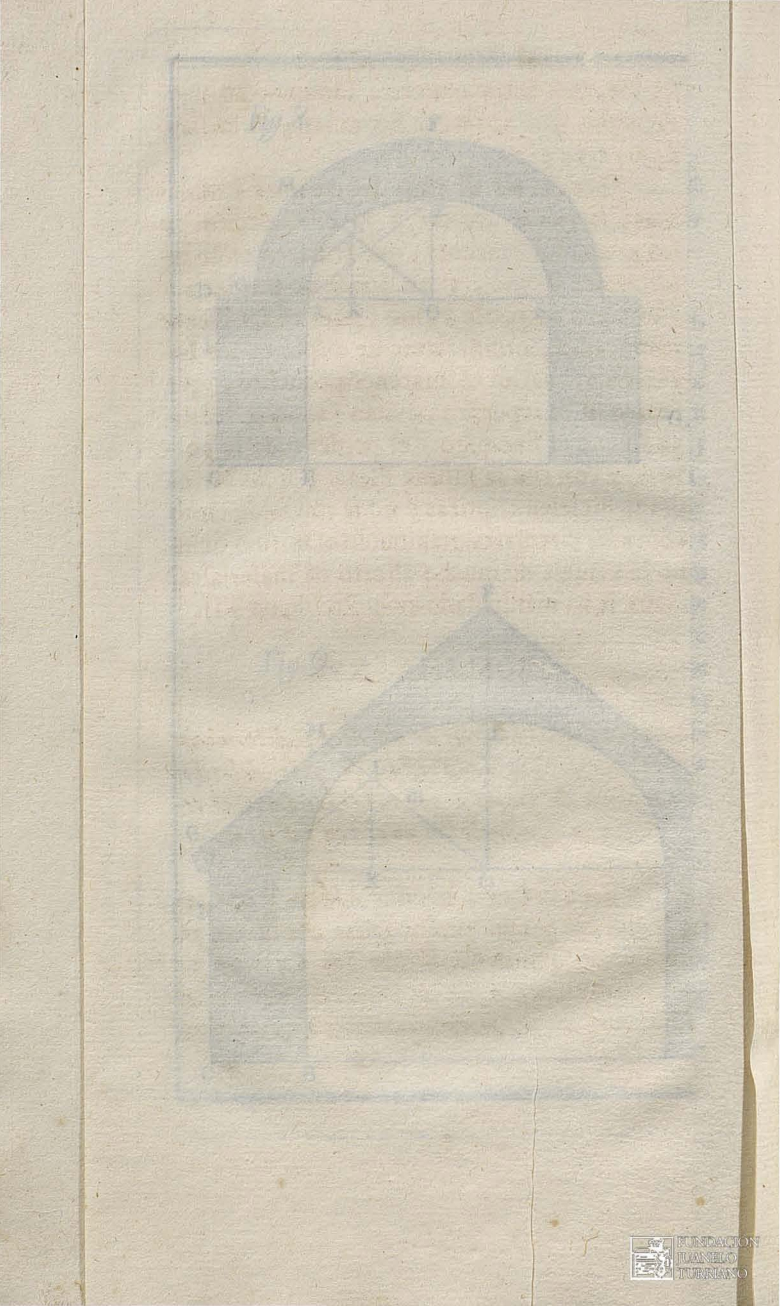


Fig. 10.
F
E
M
L
G R D
H A
O
I
V C B
E
m
O
F G
Fig. 11.
D E
A
C B


Lam. III.
L
Fig. 7.
K
A
H
M
L
E
D
H
A
O
I
Fig. 12.
C
F
B
L
M
Fig. 13.
O
P
K
Pauner sculp Bne



$= 306.796$. Ultimamente, haciendo las operaciones que indica la Equacion, se hallarà $z = 12.54$ pies.

Qualquiera de estos dos ultimos Problemas, se puede aplicar à la construccion de los grandes Almacenes, que se hacen en lo interior del Reyno, y en donde no puedan los Enemigos acercarse à ellos; pues en las Plazas fortificadas, ordinariamente disponen los Ingenieros, varios Almacenes pequeños, que sirviendo de repuestos, evitan (aunque destruya alguno el Enemigo) el perder toda la polvora, y con esta la misma Plaza. Y si las Bovedas se hiciesen elipticas, no se elevarìan tanto como las circulares, resultando al mismo tiempo la ventaja de mucho ahorro de materiales, como se ha manifestado en el Problema XII.

PROBLEMA XXI.

Dada la Curva interior de un Arco, determinar la exterior, ò dada esta, se pide describir aquella de forma, que todas las Dovelas resulten en equilibrio las unas con las otras.

SEa dada la Curva interior A*bcd*B, y que todas las juntas prolongadas concurran en un mismo punto C. Desde los Centros de gravedad *v*, *x*, *y*, de las Dovelas, tirense las lineas *vr*, *xs*, *yt*, perpendiculares à qualquiera Fig. 16.

linea horizontal DQ, que corta à las mismas juntas prolongadas en E, F, G. Es evidente, que si DE expresa el peso de la Dovela *v*, EF el de la Dovela *x*, y FG el de la Dovela *y*; la linea CD expresará la fuerza con la qual la Dovela *v*, comprime la junta vertical HA; CE la fuerza con que las Dovelas *v*, *x* comprimen la junta I*b*; y CF la fuerza con que las Dovelas *x*, *y*, comprimen la junta K*c*. La razon es, porque tres potencias estàn mutuamente en equilibrio, quando son proporcionales con los lados del Triangulo, que se forma por las perpendiculares à sus direcciones, como consta de los principios de la Estatica: El lado DE es perpendicular à la direccion *vr* del peso, y los lados CD, CE lo son à las direcciones de las fuerzas con las quales la Dovela *v*, comprime contra las juntas HC, IC: Asimismo, EF es perpendicular à la direccion *xs* de la Dovela *x*, y CE, CF lo son à las direcciones de las fuerzas con las quales la misma Dovela *x*, comprime las juntas CI, CK. Lo mismo se puede probar respecto à qualquiera otra junta.

La linea CE expresa pues las fuerzas con las quales las Dovelas *v*, *x*, se comprimen una à otra en direcciones contrarias: luego siendo iguales, se destruyen enteramente. Tambien la linea CF representa las fuerzas con las quales las Dovelas *x*, *y*, se comprimen mutuamente

te en direcciones contrarias, y por lo proprio ſe deſtruyen una à otra. Lo miſmo ſe verifica en qualeſquiera otras dos Dovelas contiguas. De donde ſe ſigue, que ſi los peſos de las Dovelas, tubieren entre sì la Razon de las lineas DE, EF, FG, eſtaràn mutuamente en equilibrio.

De eſta demonſtracion ſe infiere, que ſi la curva HIKLM es de tal naturaleza, que el eſpacio AHI*b* ſea ſiempre igual à ſu correſpondiente Triangulo CDE, ſe tendrà lo que ſe pide; porque la altura DC de eſte Triangulo es conocida, y por conſiguiente ſerà ſu Area como la baſe DE.

Los Sectores circulares deſcritos en el miſmo tiempo por los Radios CE, C*b*, CI, ſon como los Quadrados de eſtos Radios: Tambien los miſmos Sectores ſon como las fluxîones de los eſpacios CED, CA*b*, CHI; pero la diferencia entre eſtos dos ultimos, es igual al primero, por lo que ya ſe ha demonſtrado: luego la diferencia entre los Quadrados de los Radios CI, C*b*, del miſmo modo ſerà igual al Quadrado del Radio CE.

Quando CE coincida con CD, tambien CI, y C*b* coincidiràn con CH, y CA; y por conſiguiente el Quadrado de CD, es igual à la diferencia entre los Quadrados de las alturas CA, y CH en la clave: luego ſi ſe dàn conocidas eſtas alturas, ſe tendrà la poſicion de la li-

O 2 nea

nea DQ, y se infiere la facilidad con que se puede describir la Curva HIK &c.

Aunque hemos supuesto conocida la Curva interior, es evidente que la resolucion del Problema, del mismo modo tiene lugar quando se dà la Curva exterior del Arco, y se pide la interior.

Si la Curva interior AB fuese una linea recta paralela à DQ; la Curva exterior HM tambien serà una linea recta paralela à DQ: porque en este caso seràn proporcionales CE : C*b* : : CD : CA : luego CE, y CI estaràn en una Razon constante, à saber en la Razon de CD à la Raiz de la suma de los Quadrados de CD, y CA. Esto hace ver, que las Bovedas planas construìdas de Piedra, esto es, que todas sus juntas se terminen en una misma linea recta; como tambien los Arcos adintelados, ò planos (si podemos llamarlos asì), tienen en equilibrio todas sus Dovelas.

PROBLEMA XXII.

Fig. 16. *Construir la Curva exterior HM de un Arco, quando se dà conocida la interior AB.*

CASO I. Supongase, que la Curva interior AB es un Quadrante de circulo, descrito desde el Centro C con el Radio CA, ò CB: Determinese la longitud AH de la clave; y hacien-

ciendo BD = CH, tirefe por el punto D la indefinida DQ paralela à CB.

Habiendo tirado diferentes Radios CI, CK, CL, CM, formefe feparadamente el angulo recto *acg*: cortefe fobre una de las rectas que lo comprehenden *ac* = AC, y en la otra tomefe fiempre *ce* = CE, *cf* = CF &c: tirenfe las rectas *ae*, *af*, *ag*, *&c*: cortenfe CI = *ae*, CK = *af*, CL = *ag*; y la Curba, que pafe por los puntos H, I, K &c. ferà la que fe pide.

Se tiene por fupoficion CA = CB, y por conftruccion BD = CH: luego el Quadrado de CD ferà igual à la diferencia entre los Quadrados de CH, y de CA; y refpecto, que CA = *ca* = C*b*, CE = *ce*, y CI = *ae*, el Quadrado de CE, ò *ce* ferà igual à la diferencia entre los Quadrados de CI, y de C*b*: por configuiente la Curva HIK &c. es la que fe pide.

Cafo 2. Sea la Curva interior AB un Arco de circulo defcrito defde el Centro C con el Radio CB, ò CA, y que la parte AH del Radio que pafa por el vertice, reprefente el efpefor conocido del Arco en efte parage. Sobre CH como diametro defcribafe el femicirculo HMC: defde C con la diftancia CA feñalefe el punto M: tirenfe las rectas MC, MH: fobre CA, cortefe CD = MH; y tirefe la linea recta indefinida DQ paralela à la horizontal CB. Formefe aparte el angulo recto *acg*: cortefe fobre una de fus lineas *ca* = AC, y en la otra

de-

determinenſe las rectas *ce*, *cf*, *cg*, reſpectivamente iguales à las lineas CE, CF, CG: cortenſe CI, CK, CL iguales à las hipotenuſas *ae*, *af*, *ag*; y la linea Curva, que paſe por los puntos H, I, K, L ſerà la que ſe pide.

Por conſtruccion tenemos CM = CA, CD = HM: luego el Quadrado de CD es igual à la diferencia entre los Quadrados de CH, y de CA. Tambien CI, CA, CE ſon iguales reſpectivamente à *ea*, *ac*, *ce*; y por conſiguiente el Quadrado de CE es igual à la diferencia entre los Quadrados de CI, y de CA: de donde ſe infiere, que la Curva HIK &c. es la que ſe propuſo conſtruir.

Eſte Problema ſe ha dado al principio de la Seccion V. del Libro Tercero de nueſtro Tratado Analitico, no ſolo para Bovedas generadas por un movimiento paralelo, ſino igualmente para las que ſe producen por un movimiento circular. A eſte eſcrito puede acudir el Lector, ſiempre que neceſite inſtruirſe de todos los caſos, que ſe comprehenden en el Problema.

Hemos procurado explicar en eſta Seccion todos los Problemas de mayor utilidad, que pueden ocurrir en la pràctica, relativos à eſte aſunto; y para hacerle mas general ſe ha añadido una Tabla, que expreſa las dimenſiones correſpondientes à los Pies derechos para Almacenes de polvora de diferentes anchuras.

Y.

Y aunque hemos ſupueſto en ella, que los Arcos ſon circulares; con todo, las miſmas dimenſiones ſe pueden aplicar para los elipticos, ò para los que ſon porciones de circulos: porque en todas las diverſas claſes de Arcos, ſiempre hemos hallado, que el circular requiere mas robuſtos ſus Pies derechos. Lo qual es contrario à las erroneas nociones de otros Autores, que han reputado el Arco circular, como el mejor, y mas fuerte, ſin haber podido dar alguna otra razon, que la del concurſo de ſus juntas en un miſmo punto; no conſiderando, que lo proprio ſucede en todos los demàs Arcos formados de porciones de circulo. Y como los mas primoroſos Puentes de Europa eſtàn conſtruìdos con Arcos elipticos; es manifieſto, que ſon capaces de ſoſtener el peſo que los cargue. Ademas ſe ha demonſtrado, que neceſitan cerca de un tercio menos de Sillería: luego es preciſo convenir, en que ſon preferibles à los circulares; eſpecialmente ſi ſe conſidera, que ofreciendoſe mas hermoſos à la viſta, hacen en los Puentes mas ſuave ſu aſcenſo. Eſte en el de *Weſt-minſter* es tan incomodo, por el demaſiado pendiente que ocaſionan à ſu piſo los Arcos circulares, que los carruages muy cargados le ſuben con grande dificultad: Aunque eſte Puente, por otras muchas circunſtancias, es uno de los mas delicados de Europa.

Tam-

Tambien es facil demonſtrar, que los Almacenes de polvora, que ſe conſtruyen con Bovedas elipticas, tienen ventaja ſobre los circulares en muchos caſos. Porque en los Fuertes, y en donde quiera que los Terraplenes ſean de corta altura, es impoſible poder hacerlos circulares, ſin que ſean viſtos deſde la Campaña por el Enemigo, quien procurarà deſtruìrlos con la mayor prontitud, ſabiendo que de ſu ruìna depende la rendicion de la Plaza: Y ſi ſe diſponen debaxo de Tierra, no pueden conſervar la polvora mas tiempo del que dure un breve Sitio; porque apoderandoſe de ella la humedad, le harà perder toda ſu virtud, y fuerza. Eſtos inconvenientes ſe evitarìan ſi ſe hicieſen elipticos los Almacenes. Ni ſobre eſtos produciràn las Bombas mayor efecto, que en los otros; reſpecto que la parte mas debil eſtà ſuficientemente cubierta con mampoſterìa, y que en los riñones ſon mas fuertes que los circulares, por ſu mayor Curvatura.

Los dos ultimos Problemas ſon particularmente utiles para la conſtruccion de los Puentes; pues eſtando en mutuo equilibrio las Dovelas de ſus Arcos, es manifieſta la mayor robuſtez que lograràn con eſta diſpoſicion. Es verdad, que no ſe puede terminar en eſta forma la parte ſuperior de un Puente, à menos que fueſe de un Arco ſolo; porque es preciſo,

que



Lam. IV.

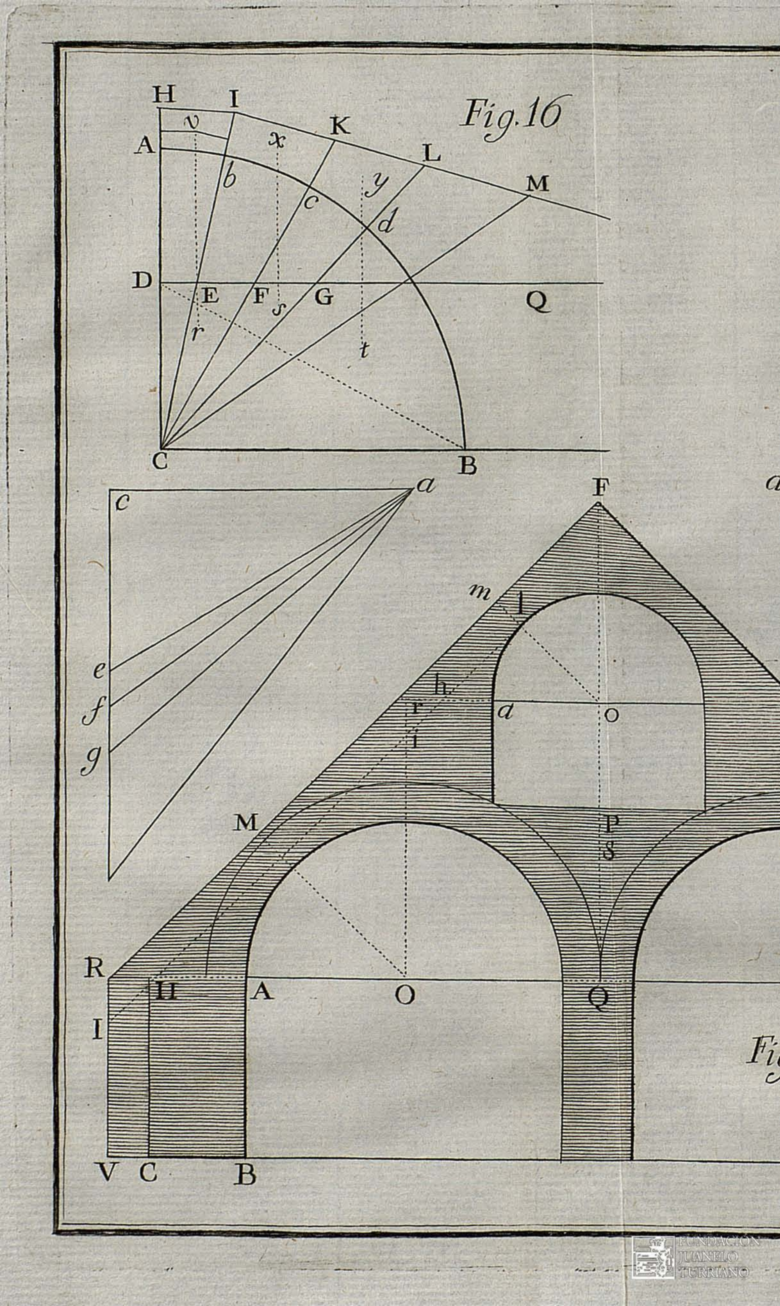
F

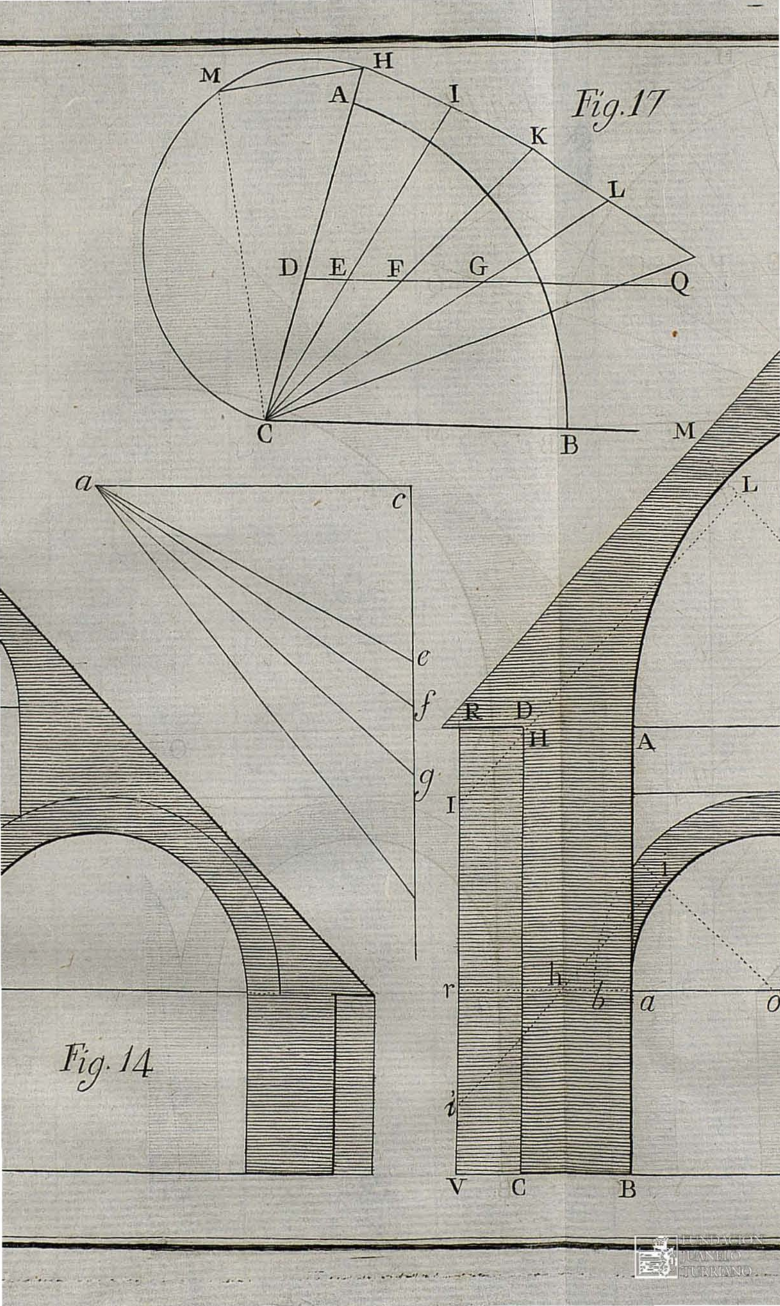
a

Fig. 14

Fig. 15

Pauner sculp Bne


Fig. 16
H
I
K
L
M
A
v
x
y
b
c
d
D
E
F
G
Q
s
r
t
C
B
a
c
e
f
g
F
m
l
h
r
a
o
i
M
P
S
R
H
A
O
Q
I
V
C
B
FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO


M
H
A
I
Fig. 17
K
L
D
E
F
G
Q
C
B
M
a
c
L
e
f
g
R
D
H
A
I
r
h
b
a
o
Fig. 14
i
V
C
B

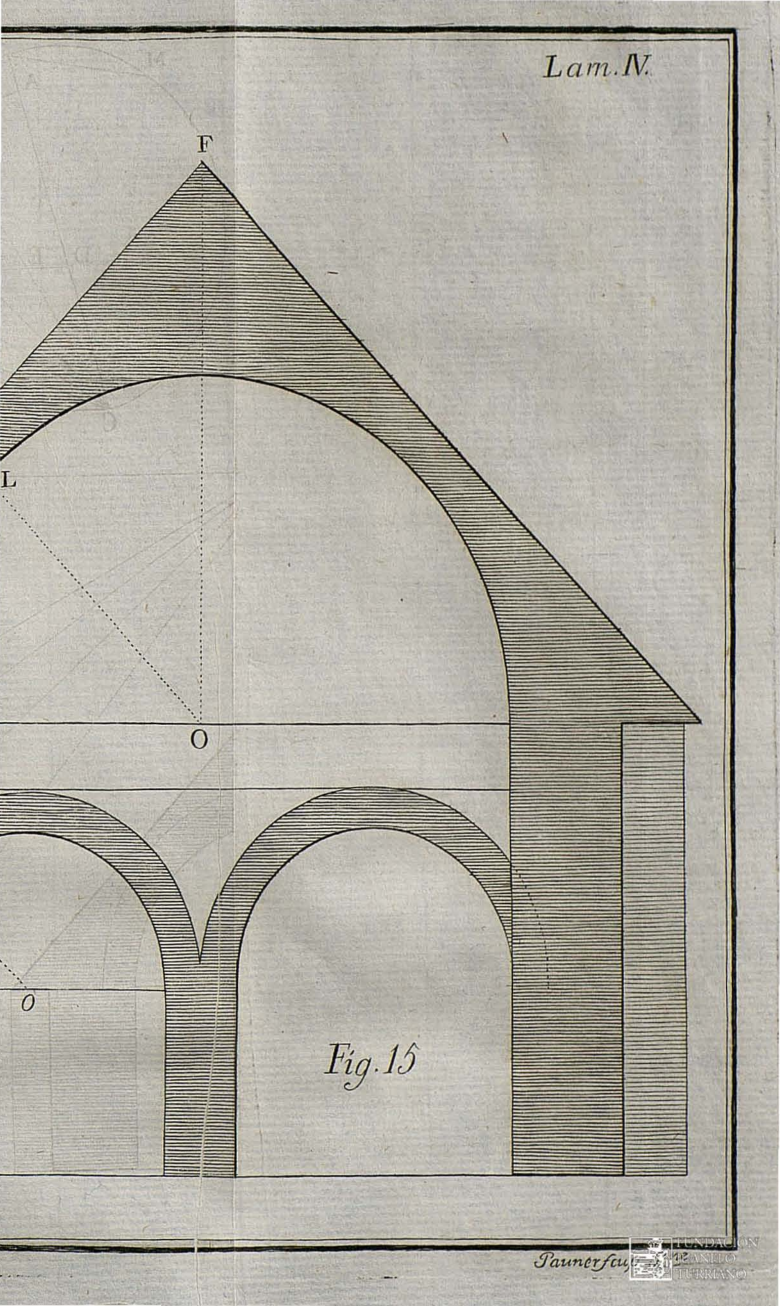
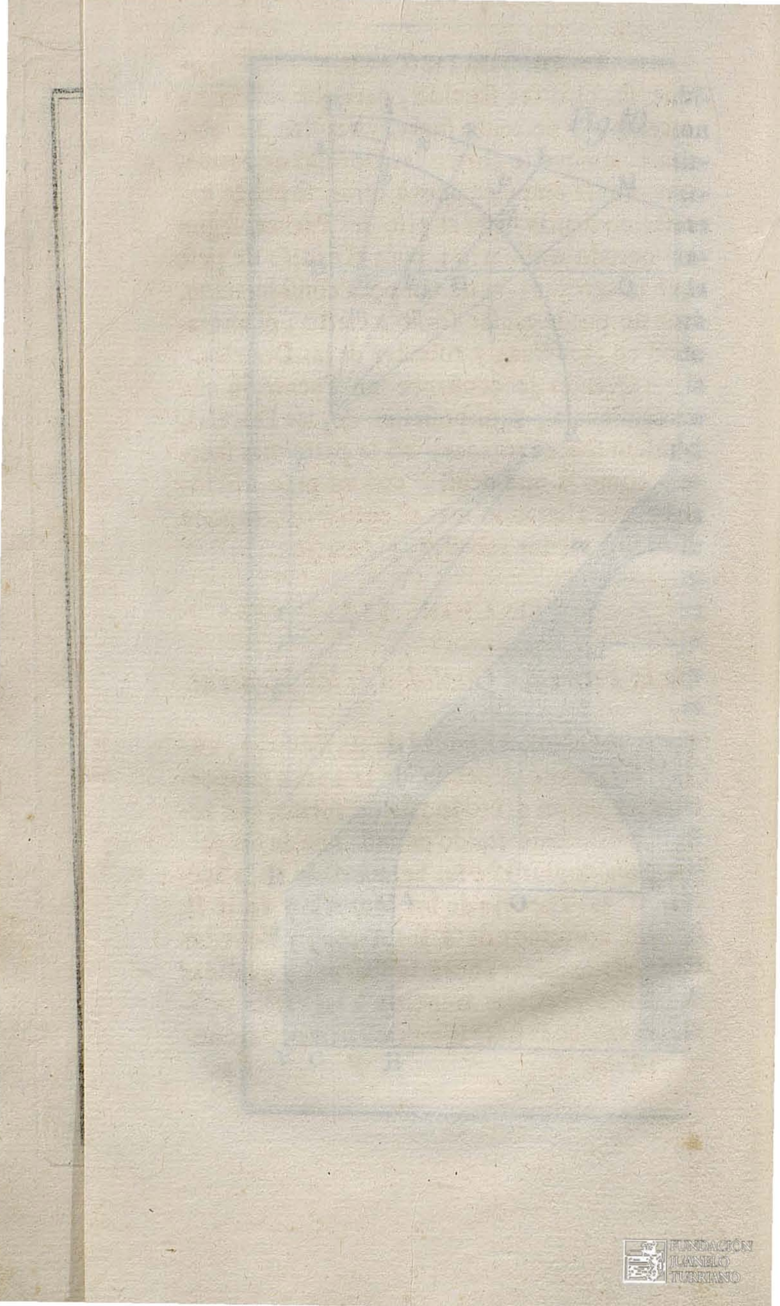


Fig. 15



que ſu piſo ſea ſeguido, para que reſulte un aſcenſo, y deſcenſo ſuave, y regular. No obſtante, aunque ſe corten las Dovelas de forma, que no ſe empujen unas à otras, ſe puede enraſar lo demàs haſta el piſo del Puente, ſegun el metodo ordinario; pues el exceſo de peſo que ſe agregue, es de tan poca conſideracion, que no puede cauſar ſenſible efecto, ni alteracion en la fuerza, y robuſtez de las Dovelas.

Quando ſe conſtruye un Puente ſin eſta circunſtancia, y diſpoſicion de las Dovelas, reſultan ſobre cargadas, aſi la parte mas fuerte, como la mas debil, con un peſo adicional, que alterando mas el equilibrio, expone el todo à menor robuſtez, y duracion:

SECCION III.

De la Fuerza, y Qualidad de las Maderas.

LA robuſtez, y bondad de un Edificio, enteramente depende de la buena proporcion, y union del todo; de tal forma, que reſulte igualmente ſolido en cada una de ſus partes. Para lograr eſte fin hemos dado en la Seccion I. la Theorìa de los Muros, y en la II. la que correſponde à los Arcos, y Bovedas. Nos reſta explicar ahora la fuerza, y qualidad de las Maderas, con atencion à las varias poſiciones en que ſe hace uſo de ellas; eſpecialmen-

te de las que ſe emplean por lo comun en los Edificios; à fin de hacer eſta Obra tan util, como ſea poſible, y habilitar por eſte medio à un Ingeniero Joven, à que pueda hacer concepto de la bondad, y merito de un Edificio executado; ò bien para el exâmen de un Proyecto, en que debe atender cuydadoſamente à la ſolidez, y buena proporcion de todas ſus partes, evitando los gaſtos inutiles; cuyas circunſtancias ſon el termino de perfeccion à que ſe puede llegar en el Arte de conſtruir.

De la Naturaleza, y Qualidad de las Maderas.

De todas las varias eſpecies de Maderas que ſe conocen en Europa para los Edificios, la Encina merece ſiempre ſer preferida; porque eſtando bien ſazonada, y enjuta, es muy ſolida, fuerte, y correoſa; no ſe abre facilmente, y ſufre mayor peſo que qualquiera otra: quando ſe emplea à cubierto, ò debaxo del agua, jamàs perece; al contrario, con el tiempo và adquiriendo mayor grado de dureza, y reſiſtencia; y aun expueſta al temporal, ſiempre excede en permanencia à las demàs claſes de Maderas.

A la Madera de Encina, ſe ſigue en merito la de Pino, por ſu utilidad en los Edificios, eſpecialmente en Inglaterra, donde ſe conſ-

tru-



truyen por Aſiento; porque empleada à cubierto, tiene una duracion regular; es muy ligera, y la mas barata que ſe encuentra. Difiere de la Encina, en que no neceſita mucha ſazon; y por lo miſmo no es preciſo gran repueſto de antemano; en lugar, que la Encina ſe ha de cortar, y conſervar un año antes de emplearla, à lo menos. Pero el Pino es mucho mas fuerte mientras conſerva ſus particulas reſinoſas, que no quando las ha perdido, y eſtà muy ſeco, como me lo ha hecho ver la experiencia. Se prefiere el Pino à toda otra Madera, para Forros, ò Entablados, para Artezonados, y para todos los adornos interiores de los Edificios. Tambien ſe conſerva mucho tiempo debaxo del agua, y aun ſe pretende que no ſe deſtruye en ella, de la miſma forma que la Encina.

El Olmo, ò Alamo negro es Madera de mucho uſo, eſpecialmente aqui en Inglaterra, y en Francia, donde la hay con abundancia: Su qualidad es recia, y flexîble; ſe trabaja con facilidad, y no eſtà ſugeta à henderſe: ſufre los clavos, y herrage, mejor que qualquiera otra Madera; y por lo proprio la gaſtan con preferencia los Maeſtros de Coches, y de Carros, para Lanzas, Cubos, Pinas, y otros deſtinos ſemejantes; y caſi es la unica eſpecie de Madera, que ſe èmplea en la Artillerìa.

La Haya tambien produce mucha utilidad; es muy recia, blanca, y correoſa quando

nueva; pero està sugeta à viciarse, y torcerse, si se expone al temporal, y se apolilla à cubierto. Su mayor uso es para hacer Mesas, Sillas, Camas, y otros muebles domesticos; aunque tambien se aplican para Exes, Lanzas, y otras Obras de carruages.

El Fresno es buena Madera, pero muy escasa en la mayor parte de Europa. Sirve en los Edificios, ù otros destinos en que estè à cubierto del temporal, y tambien para Mangos, ò Cabos de Herramientas, ò Utiles; y es muy à proposito para todos los usos en que convenga que la Madera sea recia, y flexîble.

La Madera de Castaño silvestre, es estimada por muchos como la Encina, y parece que tubo vastante uso en los antiguos Edificios; pero sea que estos Arboles no son ya tan comunes como en otros tiempos, ò sea que su Madera no corresponda como se creìa; lo cierto es, que no se emplea al presente en cosa alguna.

Ademàs de estas Maderas, hay otras muchas, que se aprecian como utiles en diferentes ocasiones: de esta especie son, el Nogal de Inglaterra, y de la Virginia, el Canario (1), el Cedro, el Palo de Rosa, y el Box; asi para los Tor-

(1) El Canario, que los Ingleses llaman Mahogany, es una Madera exquisita, que se cria en la Isla de la Madera: Su color es algo mas obscuro que el del Box; pero tiene las Fibras mas delicadas, y unidas.



Torneros, como para los Evaniſtas. Pero como nueſtro deſignio es el ceñirnos ſolo à aquellas Maderas que ſe emplean en los Edificios, no conſideraremos otras en las obſervaciones ſiguientes.

La Encina ſe puede diſtinguir en tres eſpecies diferentes, que ſon: la que ſe cria en Terrenos aridos, y areniſcos; en Boſques eſpeſos; y en parages deſahogados, à los margenes del Boſque, en Alamedas, ò en Suelos baxos, y humedos donde el áire circule con libertad.

La que ſe cria ſobre Terrenos elevados, y areniſcos, ordinariamente es de color Roxo, muy vidrioſa, de corte dulce, y arrayga con prontitud; pero no ſirve para los Edificios, ni aun para el fuego, porque como ſi eſtubiera podrida, jamàs produce llama.

En los Boſques eſpeſos, donde no paſa el áire libremente, ſe crian las Encinas muy elevadas, derechas, y ſin nudos; ſe hienden con facilidad, y tienen ſus fibras muy blancas, y delicadas. Eſtas circunſtancias la hacen apreciable para los Edificios, para algunas Óbras de Carpinterìa, y aun para toda eſpecie de adornos con que ſe cubren los Gabinetes. Su color natural, como tambien la Fibra, es tan hermoſo, que apenas puede excederle el de otra Madera; pero como es muy tierna, y ſe abre con facilidad, no es buena para la conſtruccion de Baxeles.

La

La que ſe cria en Terrenos ſuaves,ò blandos, donde el áire circula con libertad, es muy dura, fuerte, y correoſa: nunca es tan elevada, ni tan derecha, y unida como la de los Boſques eſpeſos; pero es la mejor que ſe puede emplear en la conſtruccion de Baxeles, eſpecialmente ſi crece en Suelo humedo. He viſto una porcion de eſta eſpecie, tan correoſa, que ſus liſtones ſe podian enroſcar como una cuerda ſin romperſe; y en eſto conſiſte, à mi parecer, que la Encina de Inglaterra ſea mucho mejor, que qualquiera otra de Europa para la conſtruccion de Baxeles: porque el ſuelo donde ſe cria generalmente es humedo, y baxo; los Boſques no ſon tan eſpeſos, como en otras partes, y por conſiguiente no impiden la circulacion del áire. Pero la que ſe trae de *Nor-way*, ù otros parages de *Germania*, crece en Boſques, y Malezas muy eſpeſas, y por lo proprio ſolo es buena para Obras de Carpinterìa, y Trabazones.

El Pino ſe puede tambien diſtinguir en tres eſpecies diſtintas, que ſon: en Roxo ò Amarillo, en Blanco, y en una media entre las dos. El Roxo es el mejor, y mas durable, porque eſtà muy cargado de reſina, ò trementina que le llena los poros, è impide al agua ſe inſinue en ellos; y por lo miſmo es mas apto que las otras claſes para reſiſtir al temporal, en cuyas Obras ſe emplea ordinariamente. De

eſta



esta Madera se cortan las Estacas que se clavan en la tierra, porque son de mucha duracion; y lo seràn de mayor en este uso, si se enegrecen al fuego, y se cubren con pez caliente. Asimismo se ha notado, que esta especie de Pino (que en mi concepto es del que se extrâe asi la pez, como la brea) nunca se pudre debaxo del agua, y es el mejor que gastan los Carpinteros.

El Pino Blanco no es tan fuerte, ni tan durable como el Roxo; pero es muy bueno para emplearlo en lo interior de un Edificio; esto es, en Puertas, Techos, Artezonados, y otras Obras semejantes, à que se destina con preferencia por su color, y suaves hebras. La tercera especie participa de la primera, y segunda: ni es tan fuerte, y durable, como el Roxo, ni tan hermoso como el Blanco; pero sirve con mucha utilidad para las Armaduras, y otros enmaderados, que estàn à cubierto en los Edificios.

Por lo que mira al Olmo, y al Fresno, no he podido distinguir mas de una especie de cada uno; pero es muy verosimil, que la variedad de Terrenos en que se crien, los produciràn mas, ò menos fuertes, ò vidriosos: Asimismo es regular, que para su acrecentamiento, y buena qualidad contribuya mucho la ventilacion; y por lo mismo parece que los que se crien en Bosques espesos, no lograràn sazo-

nar-

narſe, como los que eſtèn en terrenos deſahogados, y que franqueen al áire un paſo, y circulacion libre.

La Haya que ſe cria en los Boſques eſpeſos, es mas blanda, y fragil, que la de los Terrenos deſahogados, y abiertos: En eſtos quando es nuevo el Arbol, produce una Madera muy blanca, y fuerte, que la emplean los Maeſtros de Carruages, y cortan ſolo aquellos Arboles, cuyo grueſo correſponda à las piezas que han de trabajar, eſpecialmente ſi ha de ſervir para Exes; y ſolo la abren en dos partes quando la deſtinan para Pinas. Pero los Arboles de quienes ſe han de aſerrar Tablas, ſe eſcogen de mayor grueſo; aunque nunca deben ſer muy viejos, aſi por la aſpereza de ſus Fibras, como por la facilidad con que ſe eſtallan.

No ſolo la naturaleza, y diſpoſicion del Terreno en que ſe crian las Maderas, contribuyen à ſu bondad, y perfeccion; ſi no tambien la Sazon en que ſe cortan los Arboles; aunque en ſeñalarla diſcordan mucho los Arquitectos. Algunos quieren, que ſe haga el corte luego que madure el fruto; otros eligen la Primavera; muchos el Otoño, quando cae la oja; y no pocos pretenden, que debe cortarſe en la creciente, ò lleno de la Luna, imaginando ſin duda, que todas las coſas crecen de la miſma forma: pero abandonarèmos eſtas gentes infatuadas, à ſus proprios lunaticos juícios;

y

y darèmos opiniones mas racionales, y convenientes ſobre la Sazon en que debe hacerſe el corte de las Maderas.

Manifieſta la experiencia diaria, que la Madera expueſta al temporal ſe deſtruye con mas prontitud, que ſi ſe emplea à cubierto; y tambien, que quando ſe aplica enjuta à los uſos es de mayor duracion, que la recientemente cortada: luego debemos inferir, que el jugo, y algunas otras humedades que entretienen, ſon la cauſa, que las Maderas ſe conſuman en poco tiempo. Eſto ſupueſto, es evidente, que ſe deben cortar los Arboles en la Sazon que tengan menos jugo, y humedades: por conſiguiente, el tiempo mas oportuno ſerà el que medie entre la caìda de las hojas, y ſu renovacion; el qual ordinariamente ſe comprehende deſde mediados de Octubre, haſta mediados de Marzo. La mayor parte de los Arquitectos convienen con noſotros en que eſta es la ſazon mas propria para el corte de los Arboles.

Tambien la diſpoſicion del tiempo tiene influxo ſobre las Maderas; porque ſi ſe cortan en tiempo humedo, ò lluvioſo, tardaràn mas en enjugarſe; y aun ſi permanecen mucho en eſte eſtado, ſe corromperà el jugo, facilitando ſe apolillen, è inutilicen: Pero quando el tiempo eſtà ſereno, y ſeco, es cierto, que

el áire extraerà el jugo de las Maderas, aſegurando ſu duracion, y permanencia.

Cortados los Arboles, ſe les debe quitar la caſcara, ò corteza, dexandolos por algun tiempo al Sol, y al áire: deſpues ſe aſierran en Quartones toſcos, cuyas dimenſiones difieran poco de las que han de tener en limpio, y ſe apilan à cubierto para preſervarlos de la humedad, y del ardor del Sol; por que aquella les impide el neceſario enjugo, y eſte los tuerce, y eſtalla. Parece, que la Encina contiene mas humores que alguna otra Madera, y por lo miſmo neceſita mas tiempo para enjugarſe: El mejor modo de conſeguirlo con prontitud, para darla uſo, es introduciendola debaxo del agua luego que eſtè dividida en Quartones; porque ha enſeñado la experiencia, que de eſta forma ſe le extrâe el jugo en menos tiempo que al áire libre, reſpecto, que todo el exterior de los Quartones ſe pone en breve tan negro como la tinta; lo qual es una prueba evidente de la preſteza con que el agua ſe lo diſipa. Para la conſervacion de las demàs eſpecies de Maderas, nunca he oìdo, que ſe ſiga otro metodo que el de apilarlas à cubierto de forma, que paſando el áire con libertad entre los Quartones, ſe reſerven al miſmo tiempo de las lluvias, y del ardor del Sol.

El tiempo que ſe neceſita para que las Maderas logren ſu enjugo antes de emplearlas,

es





es muy incierto, pues unas requieren mas que otras. La Encina es preciſo conſervarla mucho tiempo apilada; porque à proporcion que ſe enjuga, crece ſu fuerza, y conſiſtencia, como lo acreditan varios fracmentos, que ſe han ſucado de algunos Baxeles, y de Edificios antiguos, cuya dureza reſiſte ordinariamente al filo de los mejores utiles.

Tambien la Haya debe eſtar bien enjuta àntes de darla uſo; pues de lo contrario ſe deſtruye, è inutiliza en breve. Generalmente podemos decir, que à proporcion de la dureza, y peſadez de la Madera, neceſita mas tiempo para enjugarſe.

Para conocer ſi la Madera eſtà enjuta, y bien ſazonado, no hay mas que golpearla en un extremo con un Martillo; y ſiempre que el ſonido ſea claro, y diſtinto, ſe podrà emplear con ſegura utilidad.

El Pino, por ſer una Madera ligera, neceſita menos tiempo, que alguna otra para enjugarſe. Los Quartones de eſta eſpecie, que ſirven para Techos, y otros uſos interiores en los Edificios, no deben emplearſe del todo enjutos, porque ſeràn de menor reſiſtencia, como verèmos deſpues por algunos experimentos. Pero las Tablas de Pino para Suelos, Forros, y Artezonados, han de eſtar enjutas enteramente, antes de hacerlas ſervir; por-

que de lo contrario ſe torceràn, y viciaràn la Obra, abriendoſe en muchas partes.

Los Arboles deben cortarſe en cierta edad, para que ſu Madera tenga la mayor duracion; la qual veroſimilmente no ſe lograrà quando ſon muy nuevos, ò muy viejos. Se dice, que la Encina no ſe ha de cortar antes que tenga 60 años, ni deſpues que haya cumplido 200. Lo cierto es, que en general todos los Arboles, conviene cortarlos en el eſtado de ſu mayor robuſtez, y antes que principien à decaer; cuyo termino alcanzaràn mas, ò menos preſto, ſegun la naturaleza del terreno en que ſe crien, y conforme al grueſo, y calidad de ſus Maderas. Eſta variedad de circunſtancias, que deben convinarſe, manifieſtan la dificultad de eſtablecer regla cierta à que atenerſe; y ſolo la experiencia, y el diſcernimiento pueden ſervir de guia en eſte aſunto.

Metodo de computar la Fuerza de los Quartones.

Mr. Parent, à lo que tengo entendido, fuè el primero, que tratò eſte aſunto de un modo cientifico; y para apoyar ſus demonſtraciones, hizo varios experimentos con trozos de Encina, y de Pino, deduciendo de ellos, que la fuerza de un Quarton de Encina, es à la fuerza de un Quarton de Pino de las miſ-

miſmas dimenſiones, como 5 à 6. Aſi, ſegun eſtos experimentos reſulta, que la Madera de Pino es de mayor reſiſtencia, que la de Encina. *Mr. Belidor* ha tratado deſpues el proprio aſunto, è igualmente ha hecho diferentes experiencias con Maderos de Encina; pero en orden à comparar la fuerza de eſta, con la de Pino, abrazò ſin exâminarla la proporcion antecedente. La miſma opinion de que el Pino es mas fuerte que la Encina, ha prevalecido aqui en Inglaterra; porque, ſegun *Langley*, deſpues del grande fuego de Londres, ſe celebrò un Acto en el Parlamento, para eſtablecer las dimenſiones de las Vigas; y en èl, ſiempre ſe determinan las de Encina de mayor grueſo, que las de Pino. Pero habiendo yo conſiderado, que eſta pràctica, ſe opone enteramente à lo que dicta la razon, reſolvì exâminar los experimentos; y juſtamente hallè todo lo contrario, como ſe verà mas adelante. Reſpecto, que *Mr. Parent* era hombre de acreditada veracidad, no podemos creer, que afirmò otra coſa de lo que realmente deſcubriò: Es preciſo, que la Encina de que ſe ſirviò haya ſido mas debil, y el Pino mas fuerte, que todo el que yo he exâminado; lo qual ſin duda le conduxo à eſte error.

PRO-

PROBLEMA I.

Determinar la fuerza de un Madero, cuyas dimensiones se dàn conocidos.

Lam. 5. Fig. 1. SUponemos, que todas las Fibras de la Madera sean rectas, y de una misma fuerza en el parage mas debil, que es por donde se rompen, pues no hace al caso la que puedan tener en otra parte: Tambien suponemos, que en una propria especie de Madera, no hay diferencia entre sus Fibras; por que sin embargo de que no sea asi, se aproxîma lo que basta para no causar sensible error en la pràctica.

Sobre el filo de un Apoyo triangular R, supongase sostenido el Madero AC por su medio en D; y que al mismo tiempo se consideren dos Cuerpos iguales P, Q suspendidos en los puntos A, C, equidistantes del plano vertical DB, pero cuyos pesos sean bastante para romper el Madero. Es evidente, que los pesos P, y Q, produciràn al principio una inflexîon en el Madero, obligandole à que forme una especie de angulo curvilineo en B, y al fin le romperàn en aquel parage, dividiendole por una Seccion BD perpendicular à qualquiera de los lados, como AC. Respecto pues, que la potencia, ò fuerza de estos pesos, se aumenta, ò disminuye, segun estèn mas, ò menos dis-

diſtantes del Apoyo D; es claro, que eſtas fuerzas ſeràn proporcionales con los productos de los miſmos peſos multiplicados por ſus correſpondientes diſtancias à la Seccion BD; ò bien, por que los peſos, y diſtancias ſe han ſupueſto aqui iguales, el doble producto de uno de los peſos P, multiplicado por ſu diſtancia haſta la Seccion BD, expreſarà la fuerza de eſtos dos Peſos.

Habiendo hallado la expreſion de la fuerza de los peſos, determinarèmos ahora la reſiſtencia, ò fuerza de la Madera. Repreſente la Area *abc* el perfil del Madero, y por conſiguiente expreſarà tambien la ſuma de todas las Fibras, que ſe han de romper; pero como ſon iguales, y de una miſma fuerza, por ſupoſicion, es evidente, que la propria Area expreſarà la ſuma de las fuerzas de todas las Fibras. El punto D, ò la baſe *ab* del perfil eſtà fixa, y las direcciones de las Fibras ſon perpendiculares à la Area *abc*: luego la reſiſtencia de cada Fibra es igual al producto de ſu fuerza multiplicada por ſu diſtancia de la baſe *ab*; y conſiguientemente la ſuma de todas las Fibras que ſe comprehenden en una miſma linea *df*, paralela à la baſe *ab*, multiplicada por ſu diſtancia *ad* de la miſma baſe, expreſarà ſu momento, ò reſiſtencia. Lo miſmo ſe demuenſtra reſpecto de todas las Fibras, que eſtèn ſituadas en qualquiera otra linea paralela à la baſe *ab*:

De

De donde se sigue, que la suma de todos estos productos serà la fuerza, ò resistencia total del Madero. Pero se sabe por una propriedad del Centro de gravedad, que el producto de la Area *abc*, multiplicada por la distancia desde su Centro de gravedad hasta la base *ab*, tambien expresarà la resistencia total de las Fibras, ò la del Madero: luego teniendo determinada la fuerza de qualquier Quarton, por experimentos, es facil descubrir la que corresponde à otro de la misma especie de Madera.

Fig. 2. Si el Quarton AC descansa por sus estremos sobre los Solidos triangulares P, Q, y el peso W se suspende en el medio B: En este caso, suponiendo los pesos P, y Q de la Figura 1., representados en esta por los Solidos P, y Q, es evidente, que cada Solido de estos sostiene la mitad del peso W: luego el peso W multiplicado por la distancia AB, ò BC, expresarà su momento, ò fuerza.

De otro modo.

Respecto, que el peso W està suspendido en el medio entre los puntos de Apoyo; es claro, que cada uno de estos sostiene exâctamente la mitad del peso: pero la potencia, ò fuerza de este peso contra los apoyos P, Q, es como el producto de la mitad del peso, multiplicado por la distancia AB, ò BC des-

de

de ſu direccion al punto de apoyo: luego la fuerza total de eſte peſo, ſerà como el doble producto de la mitad del peſo W multiplicado por AB, ò BC, ò bien, como todo el peſo W multiplicado por la miſma diſtancia AB, ò BC.

Corolario I.

Si ſuponèmos *c* por la longitud AC del Quarton, tomada entre los apoyos; *s* por la Area del perfil; *d* la diſtancia deſde ſu Centro de gravedad haſta la baſe; y w por el peſo W: en eſte caſo $\frac{1}{2}c$w expreſarà la fuerza del peſo W, y *ds* la fuerza del Quarton; luego el momento del peſo, ſerà al momento del Quarton, como $\frac{1}{2}c$w à *ds*, ò como w à $\frac{2ds}{c}$; y ſi eſta Razon fuere conocida, ſe tendrà w $= \frac{2ds}{c}$. De aqui podèmos deducir diferentes conſeqüencias utiles.

1. Las reſiſtencias de dos Maderos de una miſma eſpecie, y de diverſas dimenſiones, ò bien (lo que es todo uno), los peſos que ſoſtienen, guardan entre sì la Razon de los productos de ſus Secciones multiplicadas por las diſtancias deſde los Centros de gravedad haſta ſus baſes, divididos por ſus longitudes.

2. Las fuerzas de dos Maderos de una propria eſpecie, y de iguales longitudes, ſon co-

mo los productos de ſus perfiles multiplicados por las diſtancias deſde ſus Centros de gravedad à las baſes.

3. Las fuerzas de dos Maderos de una miſma eſpecie, que tienen iguales Secciones, ſon como las diſtancias deſde ſus Centros de gravedad à las baſes, divididas por ſus longitudes.

4. Las fuerzas de dos Maderos de una propria eſpecie, que tienen iguales las diſtancias deſde los Centros de gravedad de ſus perfiles haſta las baſes, ſon como los miſmos perfiles divididos por ſus longitudes.

No hemos hecho mencion de los extremos del Madero, que ſobreſalen de los apoyos A, C; por que ſirviendo unicamente para mantenerlo en la ſituacion que ſe le dà, en nada contribuyen à variar ſu reſiſtencia: Lo miſmo ſe puede decir del peſo del Madero; pues es tan pequeño en comparacion del que ſoſtienen, que no hay motivo para conſiderarlo; mayormente quando no ſe puede pedir en la pràctica una exâctitud Geometrica, que no es poſible lograr. Tambien ſe ha de advertir, que ſi el peſo eſtà ſuſpendido entre dos puntos de Apoyo, como repreſenta la Figura 2.; la baſe à quien ſe refieren las diſtancias deſde el Centro de gravedad, eſtà en la ſuperficie ſuperior AC; porque debe romperſe primero en la inferior D: en lugar, que quando el Apo-

yo està entre los pesos, segun la Figura 1., se han de referir las perpendiculares à la superficie inferior.

Corolario II.

Si el perfil del Quarton AC es un Rectangulo, cuya altura sea a, y la base b, sobre quien se disponga horizontalmente el mismo Quarton; expresarà ab la Area del perfil, y $\frac{1}{2}a$ serà la distancia desde su Centro de gravedad à la base superior: luego la Igualacion descubierta en el *Corolario I*, esto es $w, = \frac{2ds}{c}$, se reducirà à $w, = \frac{aab}{c}$: Lo qual manifiesta, que la fuerza de un Madero rectangular, asentado horizontalmente sobre uno de sus planos, es como el producto del Quadrado de su altura multiplicado por su base, y dividido por su longitud. *Fig. 2.*

De donde se sigue, que una Tabla de Pino de una pulgada de grueso, y 10 de ancho, situada horizontalmente de plano, y despues de canto; la resistencia, que hará en el primer caso, serà à la que haga en el segundo, como 1 à 10. Por que la resistencia en el caso primero serà como 10 multiplicado por el Quadrado de 1; y en el segundo, como 1 multiplicado por el quadrado de 10, esto es, como

10 à 100, ò bien como 1 à 10. Asi, suponiendo que sostenga 50. libras quando està de plano, resistirà de canto à 500 libras.

En esto se funda la pràctica de establecer los Maderos en los Edificios sobre el lado, ò plano mas estrecho; por que de esta suerte sostendràn mayor peso, que quando se dispongan sobre el plano mas ancho; lograndose por este medio, mucho ahorro de Maderas, con proporcion à la mayor altura que tengan sus perfiles.

Exemplo.

Tambien podèmos exâminar por lo que se ha dicho, si las dimensiones que ordinariamente dàn los Carpinteros à las Maderas, tienen la debida proporcion respecto à su longitud. Para esto, nos arreglarèmos à las dimensiones de la las Vigas de Pino, señaladas por el Acto del Parlamento, que siguiò despues del grande incendio de Londres.

Longitud.	*Latitud.*	*Altura.*
10	8.	10
12	8.5	10
14	9.	10.5
16	9.5	10.5
18	10.	11
20	11.	12
22	11.5	13
24	12.	14

Su-



Suponiendo, que las dimenſiones de qualquiera de eſtos Quartones ò Vigas eſtèn bien proporcionadas, como por Exemplo las de 10 pies de largo; ſe pueden determinar las de qualquiera otro, cuya longitud ſea conocida, de eſta manera: Reſpecto que eſtos Quartones han de tener igual reſiſtencia, ò bien que deben ſoſtener un proprio peſo; el producto del Quadrado 100 (de la altura 10) multiplicado por la baſe 8, darà 800, que dividido por la longitud 10 pies, ò 120 pulgadas, reſultàn $\frac{20}{3}$ por la expreſion de la fuerza del Quarton dado; y por lo miſmo debe ſer igual à la reſiſtencia de otro qualquiera; eſto es $\frac{20}{3} = \frac{aab}{c}$.

Pero ſi ſe ſupone la longitud c de 12 pies, y la altura a de 10 pulgadas; ſubſtituyendo eſtos valores (reducidos los pies à pulgadas) en la Equacion antecedente, reſultarà $\frac{20}{3} = \frac{100b}{144}$: Multiplicando todo por 144×3, y partiendo por el coeficiente 300, ſe tendrà $b = 9.6$ pulgadas, que es 1.1 pulgada mas de lo que ſeñala la Tabla.

Del miſmo modo ſe pueden hallar las dimenſiones de todos los demàs Quartones, cuyas longitudes, y alturas ſean las miſmas, y ſe tendrà la Tabla ſiguiente.

Com-

Longitud.	*Latitud.*	*Altura.*
10	8.	10.
12	9.6	10
14	10.1	10.5
16	11.6	10.5
18	11.9	11.
20	11.	12.
22	10.4	13.
24	9.8	14.

Comparando las anchuras de los miſmos Maderos en una, y otra Tabla; ſe verà, que las que correſponden à las Vigas de 12, 14, 16, 18, y 20 pies de longitud, ſon muy pequeñas en la primera; y muy grandes las que ſeñala à las de 22, y 24 pies de largo. Eſta deſproporcion manifieſta, que la prà̃ctica ſola no es ſuficiente para determinar el preciſo grueſo de los Quartones; y que ſin la aplicacion de los principios Mathematicos, no ſe puede eſperar grande adelantamiento en alguno de los Artes mecanicos, por mas que inſinuen lo contrario los Obreros mal inſtruìdos.

Las dimenſiones, que ſeñalan los Prà̃cticos à los Quartones de Encina, no las compararèmos, haſta que expongàmos los ſiguientes experimentos, que hemos hecho con grande exẫctitud; y por lo miſmo ſe puede arreglar à èllos el Lector con toda ſeguridad.

Ex-



Experimento Primero.

Para este experimento nos hemos servido de Listones, ò Quartoncillos de Madera, que tenian 24.5 pulgadas de largo, y media pulgada quadrada de espesor. Estos pequeños Quartones se situaron sobre dos Durmientes firmes, bien esquadreados, y distantes 20 pulgadas uno de otro; cuya longitud se les ha de considerar solamente, por que lo demàs servìa para descansar sobre los Durmientes. Los pesos se suspendieron en el medio con una cuerda; y los que pudieron resistir los Listones hasta romperse, son como se sigue.

Dos Listones de Encina enjuta. .	69. Libras
	50.
Un Liston enjuto de Pino.	46.
Otro Liston de Alamo negro enjuto.	31.

El primer Liston de Encina, que estaba del todo enjuto, pareciò cortado del tronco del mismo Arbol: El segundo se condujo del Monte, pero bastantemente enjuto: En uno, y otro se notaban muy rectas las Fibras, aunque mas finas, y de un color mas encendido en la primera, que en la segunda; lo que indica, que el Arbol se hallaba en el estado de mejor sazon quando le cortaron.

An-

Antes de romperse los Maderos de Encina, se torcieron, y doblaron mas que el de Pino. Este era de color Roxo, y de la mejor calidad, que se encontrò. El Alamo Negro, se encorvò demasiado antes de romperse; y por ser muy debil no le hemos considerado à proposito para incluirle en el experimento siguiente.

Experimento Segundo.

Dos Listones de Encina, cortados de un Exe viejo.	54 Libras 54
Otro Liston de la misma Madera, cortado de un Rayo de Rueda.	56.5
Tres Listones de Pino, sacados de un mismo Madero. . . .	36.5 36. 36.
Un Liston de Pino de igual perfil, pero que su base, y altura tenian la razon de 2 à 3.	42.5

Los Quartoncillos de Encina, que sirvieron para este experimento, tenian mas toscas sus fibras, que los anteriores, y parece que se cortaron de un Arbol viejo. En los de Pino no se advirtiò diferencia alguna de los primeros, asi en las fibras, como en el color.

Por



Por estos experimentos se manifiesta evidentemente, que la Encina tiene mayor resistencia, que el Pino (lo qual es contrario à la Regla establecida por *Mr. Parent*, y à la pràctica comun), pues en el experimento primero hemos hallado, que la fuerza ò resistencia de la Encina mas debil, es à la fuerza ò resistencia del Pino de mejor calidad, como 25 à 23; y en el segundo es mas sensible la diferencia, respecto, que comparando la fuerza de la Encina mas inferior con la del Pino de mejor calidad, resultan en la Razon de 54 à 36, ò en la de 3 à 2: Y si se comparan las fuerzas de la Encina, y del Pino de mejor calidad en el experimento primero, hallarèmos que estàn en la Razon de 69 à 46, que es la misma que la de 3 à 2; cuya circunstancia es muy digna de notar.

La fuerza, ò resistencia de una misma especie de Madera, admite mucha variedad; y por lo proprio serà imposible llegar à conocer exâctamente la proporcion, que guardan las resistencias de la Encina, y del Pino; pero estamos asegurados, que siempre es mucho mayor la de la Encina.

Respecto que la menor proporcion, que hemos descubierto entre las resistencias de estas dos clases de Maderas, es la de 25 à 23, ò proxîmamente la de 9 à 8; se pueden disminuir en esta razon los Quartones de Encina sin

riesgo de enflaquecerlos mucho: pero es preciso advertir, que esta Madera se debe cortar un año antes de emplearla, conforme lo hemos dicho en otra parte; en lugar, que el Pino tiene bastante con seis meses de tiempo para sazonarse.

El ultimo Quartoncillo de Pino, que sirviò en el experimento segundo, era de igual longirud, y perfil, que los demàs: luego su resistencia es à la de qualquiera de los otros, en razon directa de sus alturas, por lo que se ha probado antecedentemente. Y si llamamos x la altura del ultimo Liston, serà su base $\frac{2}{3}x$, y se tendrà $\frac{2}{3}xx = ab$, ò bien por que $a = b = 0.5$, resultarà $\frac{2}{3}xx = 0.25$, y por consiguiente $xx = 0.375$, cuya Raiz quadrada se descubre $x = 0.611$, ò bien 0.6 proxîmamente: Esto es la resistencia del ultimo Liston, es à la de qualquiera de los antecedentes, como 6 à 5. Si hacemos una proporcion diciendo: como 6 à 5, asi el peso 42.5 libras (que sostiene el mismo Madero) à un quarto proporcional; hallarèmos, que el peso que resistirà otro Madero de los anteriores es de 35.4 libras proxîmamente, en lugar, què en el experimento resistiò à 36 libras. Esta diferencia no es de consideracion; pues no es posible apurar el peso que sostienen con tanta delicadeza, que no se aparte dos, ò tres onzas de lo justo; fuera de que los Listones, no pudieron labrarse con aquella exâctitud,

tud, que nos aſeguraſe de no tener alguna variedad en ſus dimenſiones. Aſi, eſte experimento correſponde à la Theorìa ſin diferencia notable (2).

Habiendo eſtablecido la proporcion, que tienen las reſiſtencias de los Maderos de Encina, y de Pino, paſarèmos à determinar las dimenſiones, que correſponden à las Vigas de Encina; para lo qual ſupondrèmos, que un Quarton de Pino de 10 pies de largo, 8 pulgadas de ancho, y 10 de alto, tiene la ſufiente robuſtez que neceſita; de donde deducirèmos las dimenſiones que pertenecen, tanto à los Quartones de Pino, como à los de Encina.

S 2 TA-

(2) Por el exâmen, y comparacion delicada, que ſe hizo à un tiempo en la Real Academia de Ciencias en Paris, y en la Regia Sociedad de Londres, ſobre la proporcion entre peſos, y medidas de entrambos Reynos; (*a*) conſta, que 107 pies de Paris, correſponden exâctamente à 114 de Londres.

Aſi miſmo: Por enſayo, y cotejo, que de orden del Señor Rey Don Fernando VI, hicieron ſobre el Pie de Caſtilla, y el de Paris el Gefe de Eſquadra Don Jorge Juan, y otros Mathematicos de credito; ſe determinò (*b*), que 6 pies de Paris hacen juſtos 7 de Caſtilla.

De eſtas dos proporciones ſe deduce, que 749 pies de Caſtilla, componen cabalmente 684 pies de Londres: por

(*a*) *The Philoſophical Tranſactions, Abridged the ninth volume.* pag. 489.

(*b*) *Informe de la Imperial Ciudad de Toledo ſobre igualacion de Peſos, y Medidas.* pag 199.

TABLA I.

Que contiene las dimensiones de las Vigas Maestras, que sirven para recibir las Cabezas de otras Vigas menores.

Para las de Pino.			*Para las de Encina.*		
Longitud.	*Latitud.*	*Altura.*	*Longitud.*	*Latitud.*	*Altura*
10	8	10	10	7	10
12	8	11	12	7	11
14	9	11.1	14	8	11.1
16	9	11.9	16	8	11.9
18	10	12	18	9	11.9
20	10	12.6	20	9	12.5
22	11	12.6	22	10	12.5
24	11	13.2	24	10	13

Las longitudes se expresan en pies, y las alturas, y latitudes en pulgadas.

Sirviendonos de la Equacion $w = \frac{aab}{c}$ del *Corolario II*, y suponiendo $c = 10$ pies, ò

---

por consiguiente, el Pie de Castilla es al de Londres, como 684 à 749, ó bien, como 1000 à 1095; y el Pie de Londres al de Castilla, como 10000 à 9132, que son razones mas acomodadas para los Calculos.

Tambien regula la pràctica ordinaria del Comercio, que 55 libras de Castilla, corresponden sin diferencia sensible à 56 libras de Londres (en donde, como en España se divide cada libra en 16 onzas): luego la libra,



ò 120 pulgadas, $a = 10$, $b = 8$; ſe tendrà $w = \frac{20}{3}$, y $\frac{20}{3} = \frac{aab}{c}$. Si $c = 12$ pies $= 144$ pulgadas, y $b = 8$; reſultarà $\frac{20}{3} = \frac{8aa}{144}$, y por conſiguiente $aa = 120$, cuya Raiz quadrada es $a = 11$ pulgadas proxîmamente, porque el Quadrado de 11 es 121. Del miſmo modo ſe han determinado las dimenſiones de los demàs Quartones, ò Vigas de Pino. Reduciendo $\frac{20}{3}$ en la Razon de 9 à 8, tendrèmos $\frac{160}{27}$ por la expreſion de la fuerza de las Vigas de Encina, cuyas dimenſiones ſe deſcubriràn por la Igualacion $\frac{160}{27} = \frac{aab}{c}$, de eſta forma.

Sea $c = 10$ pies $= 120$ pulgadas, y $b = 7$; ſerà $\frac{160}{27} = \frac{7aa}{120}$, y conſiguientemente $aa = 101$, cuya Raiz quadrada es 10 proxîmamente, que es lo que ſeñala la Tabla. Las demàs Vigas de Encina ſe han determinado de la propria forma. TA-

---

bra ù onza de Caſtilla, ſerà à la libra ù onza de Londres, como 56 à 55.

Con eſte conocimiento es facil contraher à medida, y peſo de Eſpaña, las dimenſiones, y reſiſtiencias de los Liſtones, que han ſervido en los experimentos antecedentes, preſcindiendo no obſtante, de que las Maderas de Eſpaña, ſean mas ò menos fuertes que las de la miſma eſpecie en Inglaterra; pero en eſta circunſtancia, parece que nunca pueden variar de forma, que ocaſione ſenſible error en la pràctica.

TABLA II.

Que contiene las dimensiones de las Viguetas, y Asnillas, ò Cabezales.

Para Viguetas. *Para Asnillas, ò Cabezales.*

Longitud.	Latitud.	Altura.	Longitud.	Latitud.	Altura.
6	2	8	5	3	7
8	2.5	8.3	6	3	7.6
9	3	8	7	3.5	7.6
10	3	8.4	8	4	7.6
11	3.5	8.1	9	4.5	7.6
12	4	8	10	5	7.6

En los primeros Maderos de cada Tabla se han supuesto de suficiente magnitud sus dimensiones, y por ellas se han descubierto las que se señalan à los demàs. Por que suponiendo $c = 6$ pies $= 72$ pulgadas, $b = 2$, y $a = 8$; se tendrà $\frac{16}{9} = \frac{aab}{c}$: quando $c = 8$ pies $= 96$ pulgadas, y $b = 2.5$; serà $\frac{16}{9} = \frac{2.5a}{96}$, y por consiguiente $aa = 69.81$, cuya Raiz quadrada darà $a = 8.3$ como lo señala la Tabla.

Pero suponiendo $c = 5$ pies $= 60$ pulgadas, $b = 3$, y $a = 7$; serà $\frac{147}{60} = \frac{aab}{c}$, cuya Equacion ha servido para construir la segunda Ta-

Tabla. Por que sea $c = 6$ pies $= 72$ pulgadas, y $b = 3$; tendrèmos $\frac{147}{60} = \frac{3aa}{72}$, y $aa = 58.8$, de quien sacando la Raiz quadrada, resultarà $a = 7.6$ pulgadas proxîmamente.

TABLA III.

Que contiene las dimensiones de las Vigas, ò Puentes de Pino, que se ponen sobre las Vigas Maestras.

Para los Edificios pequeños.			*Para los Edificios grandes.*		
Longitud.	*Latitud.*	*Altura.*	*Longitud.*	*Latitud.*	*Altura.*
6	2.5	5	6	3	5.4
7	2.5	5.5	7	3	5.8
8	2.5	5.9	8	3	6.2
9	3	5.6	9	3	6.6
10	3	6	10	3	6.7
11	3	6.2	11	3.5	6.8
12	3	6.5	12	3.5	7.1

Si suponemos, que sea $c = 6$ pies $= 72$ pulgadas, $b = 2.5$, y $a = 5$; se tendrà $\frac{aab}{c} = \frac{135}{144}$ por la Equacion que ha servido para formar la primera Tabla: Y suponiendo $c = 6$ pies $= 72$ pulgadas, $b = 3$, y $a = 5.4$; resultarà la Igualacion $\frac{aab}{c} = \frac{7.29}{6}$ que determina las dimen-

mensiones en la segunda Tabla. Ordinariamente los Carpinteros dàn mas grueso à las Maderas de los Edificios grandes, que à las de los pequeños; y es preciso que sea asi para que tengan alguna mas robustez, y puedan sostener mejor el mayor peso que las carga.

Los nombres de los diferentes generos de Maderas, que se expresan en estas Tablas, los hallarà explicados el Lector al fin de la Parte Tercera de esta Obra, donde tratamos de las Armaduras, y otros enmaderados.

TABLA IV.

Que contiene las dimensiones de los Tirantes.

Para los de Pino.			*Para los de Encina.*		
Longitud	*Latitud.*	*Altura.*	*Longitud.*	*Latitud.*	*Altura.*
12	6	8	12	5	8.2
16	7	8.5	16	6	8.7
20	7	9.5	20	6	8.7
24	7	10.4	24	6	10.6
28	8	10.5	28	7	10.6
32	8	11.3	32	7	11 3
36	8	12	36	7	12
40	9	12	40	8	12
44	9	12.3	44	8	12.6

Siguiendo el mismo metodo de los casos antecedentes, se hallarà $\frac{aab}{c} = \frac{8}{3}$ por la Equacion,



cion, que ha ſervido para conſtruir la primera Tabla; y $\frac{aab}{c} = \frac{7}{3}$ proxîmamente, por quien ſe ha formado la ſegunda.

TABLA V.

Que contiene las dimenſiones de los Pares Principales.

Para los de Pino.			*Para los de Encina.*		
Longitud.	*Latitud.*	*Altura.*	*Longitud.*	*Latitud.*	*Altura.*
18	4	5.5	18	3	5.3
20	4	6.1	20	4	5.7
22	4	6.4	22	4	6
24	5	6	24	4	6.3
26	5	6.2	26	4	6.5
28	5	6.4	28	4	6.8
30	5	6.7	30	4	7
32	5	6.9	32	5	6.5
34	5	7.1	34	5	6.7
36	5	7.3	36	5	6.9
38	5	7.5	38	5	7.1
40	5	7.7	40	5	7.3

Los Autores ſeñalan varias dimenſiones à los Pares, ò Tixeras Principales. *Mr. Smith* las quiere de un modo, *Mr. Price* de otro, y *Mr. Langley* opina, que han de tener mayor robuſtez ácia la patilla, que en el copete; pero no ſe ſi eſta pràctica la ſigue algun Obrero.

Fuera de esto, dice *Mr. Price* que han de tener mayor grueso en los Edificios mas anchos, que en los que son mas estrechos, aunque la longitud de los Pares sea una misma: Pero no se advierte la razon que puede haber para semejante pràctica; pues su robustez debe proporcionarse à la distancia que guarden entre sì, y al peso del Texado. Respecto de no estar convenidos los Autores sobre las dimensiones de los Pares, hemos tomado un medio, para las que señalan los primeros Maderos de las Tablas antecedentes.

TABLA VI.

Que contiene las dimensiones de los Pares Pequeños.

Para los de Pino.			*Para los de Encina.*		
Longitud.	*Latitud.*	*Altura.*	*Longitud.*	*Latitud.*	*Altura.*
9	2.3	4.7	9	2.3	4.6
10	2.4	4.9	10	2.3	4.7
11	2.5	5	11	2.4	4.8
12	2.6	5.2	12	2.5	5
13	2.7	5.4	13	2.6	5.2
14	2.8	5.5	14	2.6	5.3
15	2.8	5.6	15	2.7	5.4
16	2.9	5.8	16	2.8	5.5
17	2.9	5.9	17	2.8	5.6
18	3	6	18	2.9	5.8
19	3	6.1	19	3	5.8
20	3.1	6.2	20	3	6

Eſtas ſon las Tablas de quienes ſe ſirven ordinariamente los Archîtectos, y Carpinteros, para ſeñalar los grueſos que correſponden à las diverſas Vigas, y Maderos, que ſe emplean en los Edificios: pero como ſu exâctitud depende de las dimenſiones que hemos ſacado de otros Autores para los primeros Maderos de cada una; ſi eſtas dimenſiones no ſon juſtas, tampoco lo ſeràn las que de ellas ſe han deducido. No obſtante, reſpecto que ſiempre ſe han tomado por modelo los Maderos de menor longitud, que veriſimilmente ſon las que mas ſe han uſado, y ſiempre han probado bien; es de preſumir, que los demàs que hemos expreſado, no ſolo ſeràn de ſuficiente robuſtez, ſi no tal vez de mayor de la que neceſitan.

Exemplo I.

Supongaſe que un Quarton AC, ſe diſpone por una ariſta ſobre los Apoyos P, y Q, de forma, que la diagonal BD de ſu perfil (cuyos lados ſon a, b) ſea perpendicular al horizonte. En eſte caſo ſerà $d = \frac{1}{2}\sqrt{aa + bb}$, y $s = ab$; *Fig. 5.*

y por conſiguiente, la Equacion $w = \frac{2ds}{c}$ quedarà transformada en $w = \frac{ab}{c}\sqrt{aa + bb}$; pero $\sqrt{aa + bb}$, ò la diagonal BD, es mayor que qualquiera de los lados a, ò b: luego en eſta ſitua-

tuacion resistirà mas el Quarton, que si se pusiese sobre su tabla, ò grueso. No obstante, la resistencia de este Madero serà algo menor de lo que exprese el Calculo, si atendèmos à que las fibras de la Madera ácia la arista B, se deben comprimir con anticipacion à las demàs, cediendo al peso W que las grava.

Exemplo II.

Quando la Seccion del Madero es un Circulo, cuyo diametro sea a, y su Area s, se tendrà $w = \frac{as}{c}$ por la Equacion que determina la resistencia de un Madero cilindrico: De donde se sigue, que la fuerza de un Madero cilindrico, es à la resistencia de un Quarton de igual longitud, y cuyo perfil sea el Quadrado del diametro, como la superficie del Circulo à la del Quadrado circunscrito.

Tambien se manifiesta, que la resistencia de un Madero triangular ACB situado sobre
Fig. 6. uno de sus planos AB, es dupla de la del mismo Madero ADB quando se coloca sobre la arista opuesta D; porque en el primer caso la distancia desde el Centro de gravedad del perfil hasta el vertice (que sirve de Hypomochlio), es dupla de la correspondiente distancia en el segundo caso.

PRO-

PROBLEMA II.

Determinar el peso que resistirà un Quarton AC, quando se le ha de suspender en qualquiera punto B entre los apoyos A, C. Fig. 3.

REspecto que el apoyo P, por estàr mas cerca del punto de suspension B, debe sostener mayor parte del peso que el apoyo Q; serà necesario descubrir la parte que cada uno sostendrà del peso, para dar solucion al Problema.

Por las Leyes de Mechânica se tiene, que toda la longitud AC del Madero es à qualquiera parte AB, ò BC, como todo el peso W à la parte que sostiene el apoyo Q, ò P. Luego si suponèmos $AB = m$, $BC = n$, $AC = c$, y $W = w$; se tendrà $c : n :: w : \frac{nw}{c}$ igual al peso que sostiene el apoyo P, y $c : m :: w : \frac{mw}{c}$ igual al peso que sostiene el apoyo Q. Multiplicando estos pesos por sus respectivas distancias AB, BC, resultaràn los productos $\frac{mnw}{c}$, y $\frac{nmw}{c}$, que expresan sus momentos; y la suma $\frac{2mnw}{c}$ serà

igual

igual * à la fuerza del Madero; de donde se saca $w = \frac{cds}{2mn}$ por el peso que se busca.

Si se supone el peso suspendido en el medio, será $n = m = \frac{1}{2}c$; y la Equacion antecedente se reducirà à $w = \frac{2ds}{c}$, que es la del Problema I.

Quando el perfil del Madero es un Rectangulo, cuya base sea b, y la altura a; serà $ab = s$, y $d = \frac{1}{2}a$: Substituyendo estos valores en la Igualacion antecedente, se tendrà $w = \frac{aabc}{4mn}$.

Tenemos $w = \frac{aab}{c}$, quando el peso està suspendido en el medio; luego en este caso la fuerza del Madero, ò su resistencia, es à la que exercita el mismo Madero quando el peso està suspendido mas cerca de un extremo que del otro, como $4mn$ à cc: por consiguiente, conociendo el peso que sostiene un Madero en su medio, se podrà determinar por la antecedente analogia, el peso que resistirà à qualquiera distancia de una de sus extremidades.

Exem-

* Prob. I.

Exemplo.

Sea AC = 20 pulgadas, y la feccion del Madero de $\frac{1}{2}$ pulgada quadrada (fupuefto que el Quartoncillo fea de Pino, como el que foftubo 36 libras en el experimento fegundo): Supongafe tambien AB = 5 pulgadas, ferà BC = 15 pulgadas; y por configuiente $4nm$ = 300, y cc = 400: luego fe harà la proporcion, 300 : 400 :: 36 : 48 igual al pefo que el mifmo Quarton foftendrà à cinco pulgadas de un extremo.

Con efto queda demonftrado, que en los Edificios fe debe evitar quanto fea pofible, el cargar las Vigas en fu medio, con un Pofte, ò Pilar, como fucede en las Armaduras; fiendo mas ventajofo fervirfe de dos Poftes apartados del medio de las Vigas, ò Tirantes para foftener los Pares. Efto mifmo practican ordinariamente los Carpinteros en todos los Edificios, que no tienen Muro de medianìa para recibir las Vigas en la mitad de fu longitud.

Tambien es de notar, que un Quarton AC de la mifma fuerza, y magnitud que el antecedente, foftendrà dos pefos W, W, de 48 *Fig.* 4. libras cada uno, quando fus diftancias AE, FC de los extremos fon de 5 pulgadas; lo qual es evidente por el mifmo Exemplo; por que eftos pefos confpiran à romper por dos partes al Madero. *Mr.*

Mr. Parent, à lo que tengo entendido, fuè el primero, que determinò el modo de cortar de un tronco dado el Quarton mas robusto que sea posible. Como este Problema tiene mucha utilidad en la pràctica, serà conveniente explicarle en esta Obra; y con mas motivo si consideràmos, que los Negociantes de Maderas, haciendolos de perfil quadrado por un efecto de su interes proprio, lo cohonestan con la persuasion de que el Quadrado es la mayor Figura rectangular, que cabe inscrita en un Circulo.

PROBLEMA III.

Fig. 8.

Dada la circunferencia AEBF de un Madero cilindrico, se pide determinar el perfil Rectangulo que se ha de dàr al Quarton, para que resulte de la mayor resistencia posible.

REpresente el Rectangulo AB el perfil que se busca: Tirese el diametro DG que corte perpendicularmente à los lados paralelos AE, FB; y se tendrà, que $\overline{AE}^2 \times EB$ expresarà * la resistencia del Quarton. Esta expresion es la mayor de todas las posibles, quando el Quadrado de CP es la tercera parte del Quadrado de CD, ò la mitad del Quadrado de AP, segun la Doctrina de *Maximis*, & *Minimis*

* Prob. I.

mis (3): pero PC : PA :: EB : EA; luego el Problema se reduce à inscribir en el Circulo un Rectangulo, en quien el Quadrado de la base EB sea la mitàd del Quadrado de la altura EA; para lo qual se harà la siguiente.

Construccion.

Supuesto que el Circulo AEBF represente el perfil del Arbol, tirese el diametro AB, *Fig. 7.* que se dividirà en tres partes iguales en los puntos C, y D: Levantense sobre estos puntos, y ácia partes contrarias las perpendiculares CF, DE, hasta cortar la circunferencia en

---

(3) Para mayor inteligencia de este Problema se añade aqui la resolucion Analitica, que ha omitido el Autor. Supongase $CD = a$, $CP = x$; serà $PD = a - x$, $PG = a + x$, $\overline{AP}^2 = aa - xx$, y $\overline{EA}^2 = 4aa - 4xx$: multiplicando esta ultima Igualacion por $EB = 2x$, se tendrà $\overline{EA}^2 \times EB = 8aax - 8x^3$, que debe ser un maxîmo. Tomando las diferencias, ò fluxîones del ultimo miembro, resultarà $8aadx - 24xxdx = 0$: partiendo todo por $8dx$, darà $aa - 3xx = 0$; y por consiguiente $\frac{1}{3}aa = xx$, ò bien $\overline{PC}^2 = \frac{1}{3}\overline{CD}^2$. Pero $\overline{CP}^2 + \overline{AP}^2$ es igual al Quadrado del Radio: luego $\overline{AP}^2 = \frac{2}{3}\overline{CD}^2$; y por lo proprio el Quadrado de CP, serà la mitad del Quadrado de AP, quando $\overline{AE}^2 \times EB$ sea el maxîmo producto del Quadrado de la altura multiplicado por la base del perfil del Madero.

los puntos E, F; y tirando las rectas AE, EB, BF, FA, serà el Rectangulo AEBF el de mayor resistencia que se puede inscribir en este circulo.

Las lineas AD, DE, DB son continuas proporcionales por construccion: luego $\overline{AD}^2 : \overline{DE}^2 :: AD : DB :: 2 : 1$; conseqüentemente, $\overline{DE}^2$ es la mitad de $\overline{AD}^2$; pero ED: DA :: EB : EA (por la semejanza de los Triangulos ADE, AEB): luego tambien el Quadrado de EB, serà la mitad del Quadrado de EA, y por lo mismo el Rectangulo EF, serà el de mayor resistencia.

Ha hecho ver la experiencia, que quando la base, y altura del perfil de un Quarton, tienen entre sì la Razon de 5 à 7, es el mas fuerte de todos los Quartones de igual perfil rectangulo, y longitud; lo qual conviene perfectamente con la Theorìa, respecto que 25 (Quadrado de 5) es casi la mitad de 49 (Quadrado de 7), pues solo se diferencian en media unidad.



PRO-



PROBLEMA IV.

Determinar la reſiſtencia de un Madero (en cuyo medio eſtà ſuſpendido el peſo), quando ſe diſpone en una ſituacion inclinada al horizonte, y ſe apoya por ſus extremos ſobre los Solidos P, y Q. Fig. 9.

POr el punto C en la linea vertical que paſa por la ariſta del apoyo mas elevado Q, tireſe la horizontal CE haſta cortar en L à la direccion del peſo, y en E à la vertical que paſa por el punto de apoyo del Solido inferior P. El peſo W multiplicado por la diſtancia deſde ſu direccion haſta uno de los puntos de apoyo, eſto es W × CL, expreſa el momento, ò fuerza del Madero *: pero eſta miſma fuerza ſe ha probado tambien, que es como el producto que reſulta multiplicando el perfil, por la diſtancia deſde ſu Centro de gravedad haſta el punto B; luego, ſuponiendo CE $= n$, y los demàs valores como en los caſos antecedentes, ſe tendrà $\frac{1}{2}\,n\text{w} = ds$, y por conſiguiente $\text{w} = \frac{2ds}{n}$.

De aqui ſe ſigue, que ſiendo $\text{w} = \frac{2ds}{c}$ (quando c expreſa la longitud del Madero ſitua-

* Prob. I.

tuado horizontalmente), las resistencias de un mismo Madero en diferentes posiciones, seràn reciprocamente, como las distancias desde las direcciones de los pesos hasta uno de los puntos de apoyo: Esto es, la resistencia del Quarton en una posicion obliqua, es à su resistencia en la situacion horizontal, como CB à CL, ò bien, como el Radio al Coseno de la inclinacion LCB.

Por exemplo: si el Quarton AC mantiene un peso de 36 libras en la situacion horizontal; serà facil saber el que sostendrà en la inclinacion de 15 grados con el horizonte, haciendo esta proporcion: como el Coseno de 15°, que es 9659, al Radio 10000, asi 36 à un quarto proporcional, que se hallarà de 37.2 libras proxîmamente.

Si el angulo de inclinacion fuere de 60°; serà su Coseno al Radio, como 1 à 2; y por consiguiente sostendrà el Madero 72 libras de peso en esta situacion. De donde se hace visible, que à proporcion que se aumenta el angulo de inclinacion crece la resistencia del Quarton; de forma, que en la situacion vertical, serà infinita su fuerza: Pero atendiendo à la poca union de las fibras, y à que no siempre son bastante rectas; es de creer, que oprimidas, y gravadas con mucho peso, cederàn separandose unas de otras, y se romperà el Madero abrumado con el demasiado peso.

Este



Este Problema es de mucho provecho para regular la resistencia de los Maderos que se traban, y enlazan en diferentes inclinaciones, como sucede en las Armaduras con que se cubren los Edificios; pues con este conocimiento se puede escusar el consumo inutil de Maderas, que ordinariamente ocasionan los Practicos.

No basta poder determinar la resistencia de los Maderos: Hay algunas posiciones, que son mas ventajosas que otras, y por lo mismo deben saberse. Por exemplo: represente ABC el perfil de una Armadura, en quien se ha de aplicar una Tornapunta EF para sostener del mejor modo al Par AB en su medio: digo, que si EF es la base de un triangulo Isoceles, ò bien quando forma angulos iguales con el Tirante AC, y el Par AB, estarà la Tornapunta situada mas ventajosamente. Por que la fuerza que hace esta pieza, es proporcional à la distancia desde su direccion hasta el punto de apoyo A; y como esta distancia (que es la perpendicular desde A à la base EF), es la mayor de todas quando el triangulo es Isoceles; se sigue, que esta posicion serà la mejor que se puede dàr à la Tornapunta EF. *Fig.* 10.

Pero si se ha de atender à la fuerza del Tirante AC, quando no le sostiene en su medio algun Muro principal, serà preciso disponer la Tornapunta en situacion vertical, como GH; por que mientras mas se acerca el pun-

to

to G al apoyo C, menos presion sufrirà el Tirante, por la pieza GH. De donde se infiere, que un Madero puede estàr bien situado respecto de su propria fuerza, y no à la de otros con quienes estè trabado; y por consiguiente, en el ensamblage de las Maderas que se emplean en los Edificios, no solo se ha de mirar à la resistencia particular de cada Madero, sino à la de toda la trabazon, y enlace de unos con otros.

PROBLEMA V.

Fig. 10. *Determinar la fuerza, ò resistencia de los principales Pares AB, BC, de modo, que sea proporcional à la del Tirante AC.*

SEa x la base del perfil del Par, y $2x$ su altura, como ordinariamente se pràctica: asimismo supongase, que la base del Tirante AC sea b, su altura a, y la mitad de su longitud AD $= n$. En este caso la resistencia del Par se expresarà * por $\frac{4x^3}{n}$, y la del Tirante ** por $\frac{aab}{2n}$: luego serà $\frac{4x^3}{n} = \frac{aab}{2n}$, por la suposicion del Problema; y por consiguiente $8x^3 = aab$, cuya Raiz cubica es $2x = \sqrt[3]{aab}$.

Por exemplo: Si un Tirante ha de tener 12 pies de largo, le corresponderàn 6. pulgadas de

* Prob. IV. ** Prob. I.

de grueſo, y 8 de alto (Tab. IV.), y ſerà $a = 8$, $b = 6$: luego $aab = 384$, cuya Raiz cubica 7.2 pulgadas proxîmamente, determina la altura de los Pares, y por conſeqüencia ſu grueſo ſerà de 3.6 pulgadas.

Si el Tirante fuere de 24. pies de largo, ſe hallarà ſu grueſo (Tab. IV.) de 7 pulgadas, y ſu altura de 10.4, eſto es $b = 7$, $a = 10.4$; y por conſiguiente $aab = 757.12$, cuya Raiz cubica darà 9.1 pulgadas proxîmamente por la altura de los Pares, y 4.5 pulgadas por ſu grueſo.

La longitud de los Pares debe ſer los tres quartos de la del Tirante en las buenas Armaduras; de forma, que ſuponiendo de 24 pies la longitud del Tirante, correſponden 18 à los Pares, cuyo grueſo ſe hallarà (Tab. V.) de 4 pulgadas, y la altura de 5.5: por conſiguiente eſtas dimenſiones no ſon proporcionales con las del Tirante. Pero en eſta claſe de Armaduras ſiempre ſe ſoſtienen los Pares con Tornapunta, ò Poſtes, que fortifican, y mantienen una parte del enſemblage; aunque los Tirantes ſe debilitan al miſmo tiempo con el peſo, que los grava por las Tornapuntas.

Eſtos ſon los principales Problemas, que juzgamos de mayor utilidad para la conſtruccion de las Obras de Madera; los quales debe ſaberlos el Eſtudioſo, ſi deſea hacer algun progreſo en el Arte de conſtruir; pues lo que

han

han escrito sobre esta materia los Autores de Archîtectura, ordinariamente està fundado en la pràctica comun; la qual sola no es suficiente para lograr el acierto. Por lo proprio no es de estrañar, que en tantos Siglos empleados en el cultivo de la Archîtectura se haya hecho tan poco progreso; pues son raros los Autores de este Arte, que tubieron algun conocimiente de las Mathematicas, cuya Doctrina debe poseer el Lector antes de aplicarse à la pràctica.

La Theorìa de las Maderas, que se ha explicado en esta Seccion, tiene muy grande uso en la Archîtectura Civil, y Militar; pues no solo enseña el modo de hallar la resistencia, ò fuerza de los Maderos, con relacion à sus dimensiones, y situaciones; si no tambien quando estàn trabados, ò ligados de qualquier forma unos con otros: lo qual nunca podia haberse determinado por pura pràctica con alguna exâctitud.

El entrar en las diversas aplicaciones, que pueden ocurrir en el ensamblage de las Maderas, pedìa mas extension de la que permite la pequeñez de este Tratado; y por lo proprio, solo dirèmos en adelante sobre este asunto, quanto sea conducente à los Jovenes Ingenieros, para quienes se ha publicado este Escrito.

TRA-



Fig. 3. **Lam. V.**

C B C D Q W Q

E 7. A C B D F

C Q

B

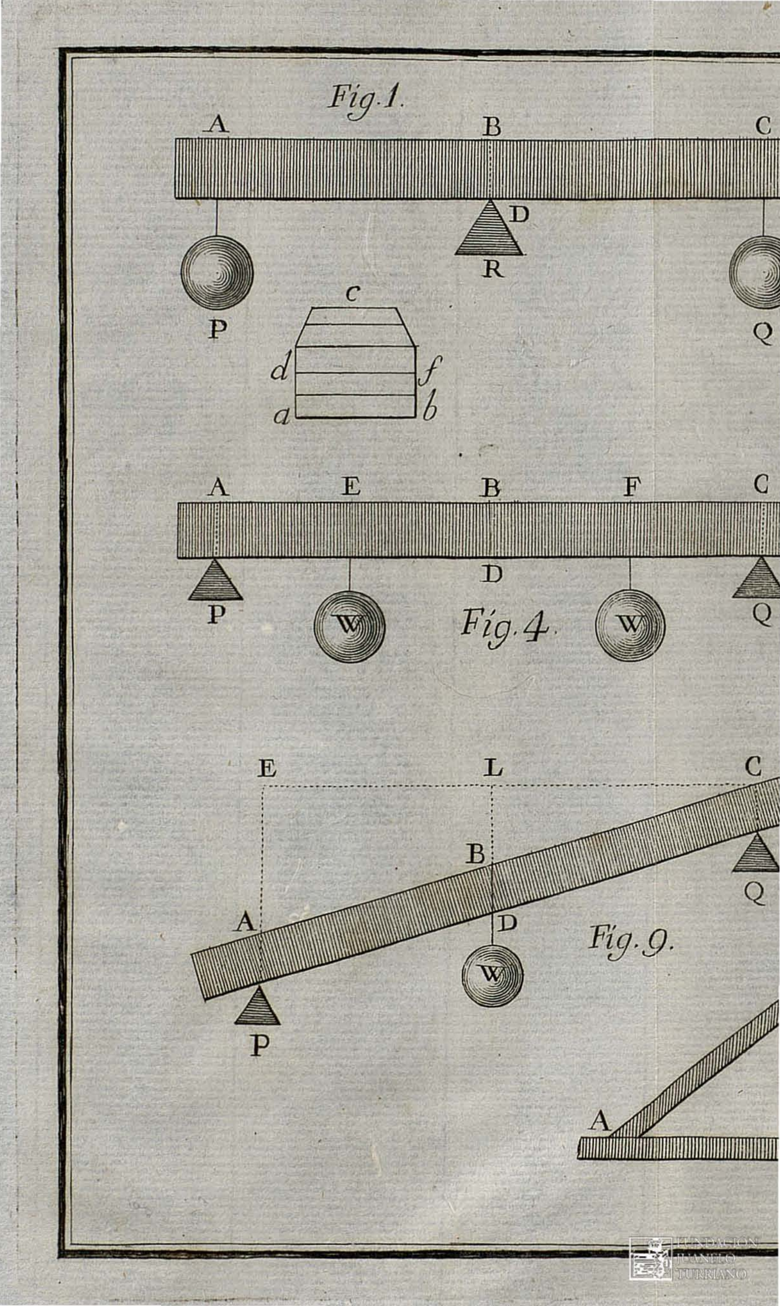
C Q

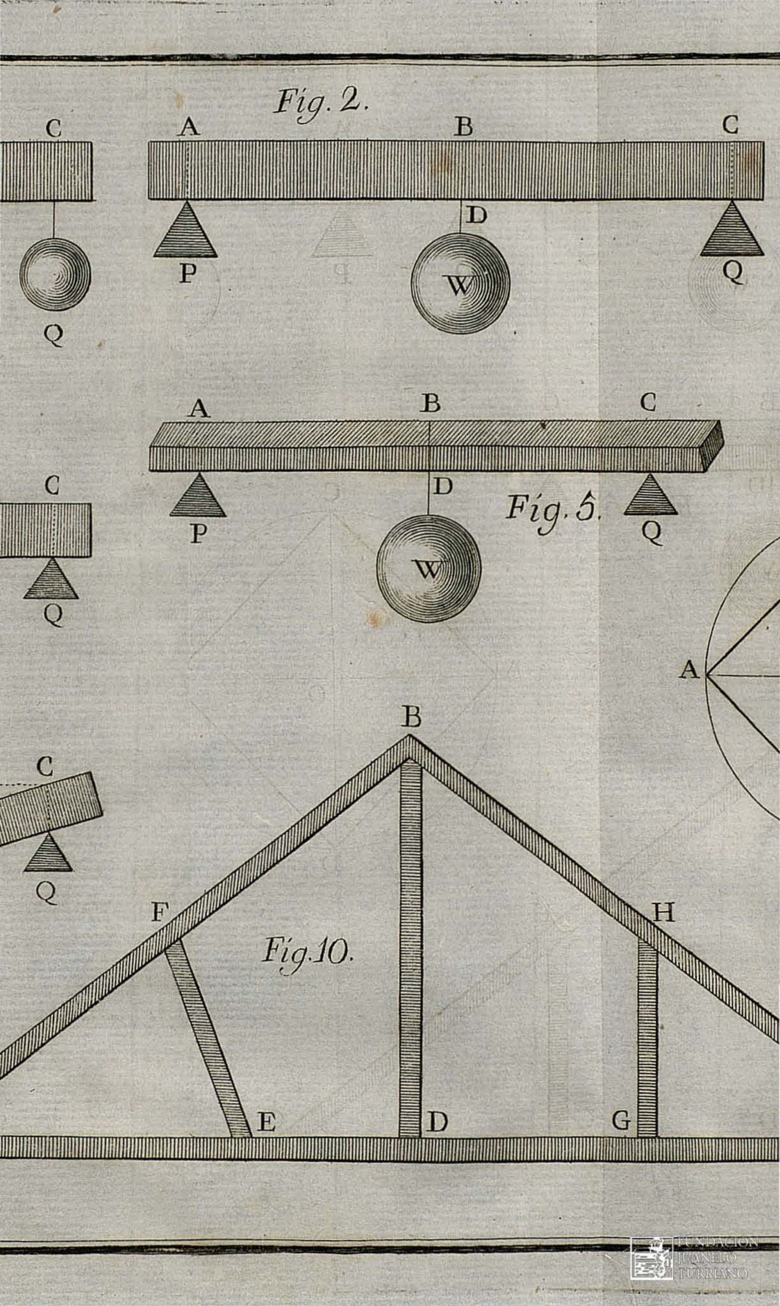
F

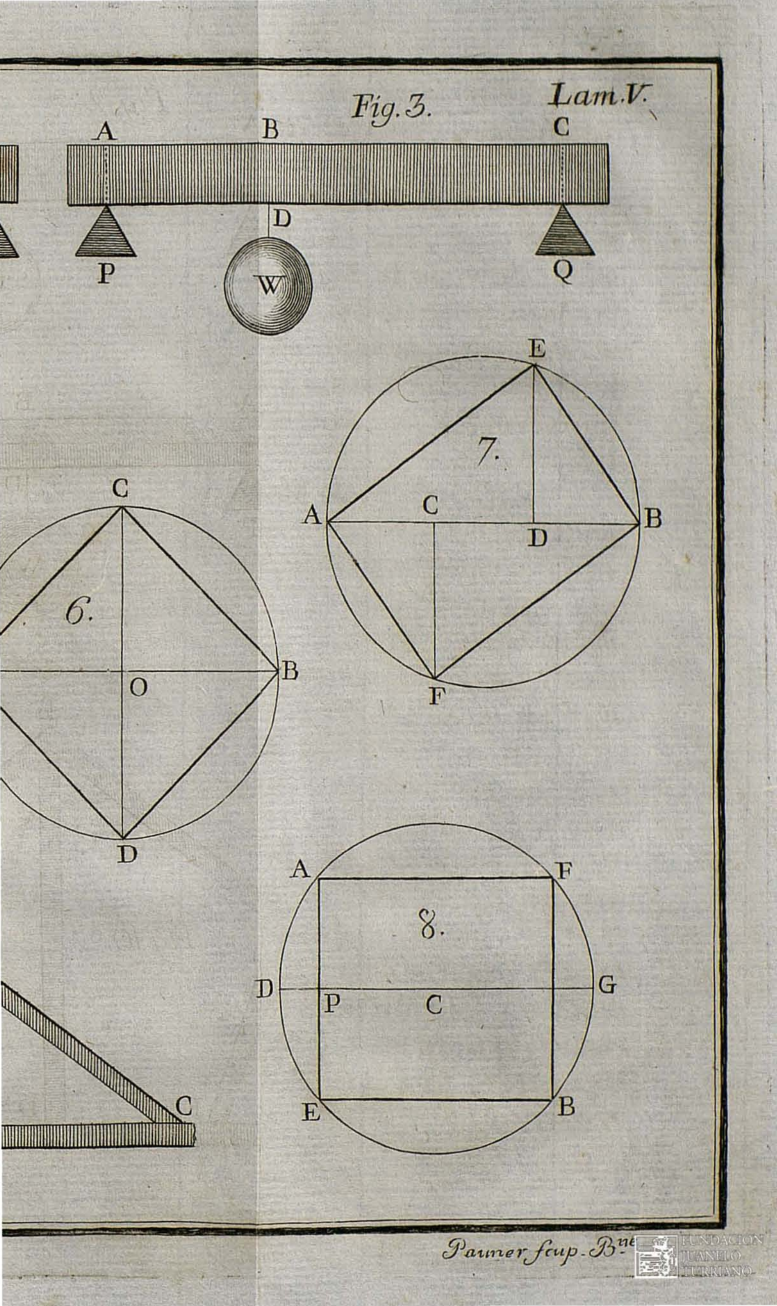
A F 8. D P C G E B

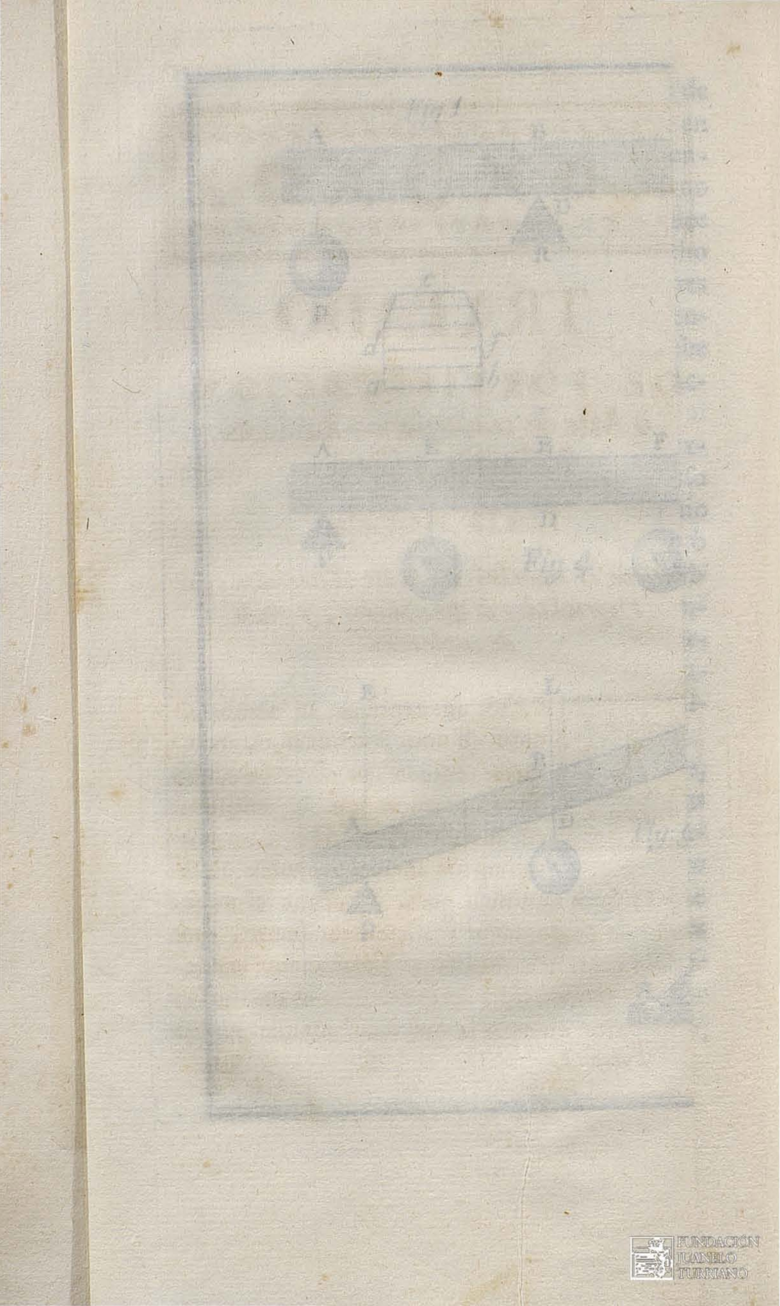
Paumer scup. B.ne




Fig. 1.
A
B
C
D
R
P
Q
c
d
f
a
b
A
E
B
F
C
D
P
W
Fig. 4.
W
Q
E
L
C
B
Q
A
D
Fig. 9.
W
P
A


Fig. 2.
C
A
B
C
D
P
W
Q
Q
A
B
C
D
Fig. 5.
C
P
Q
W
Q
A
B
C
Q
F
H
Fig. 10.
E
D
G
FUNDACION
JUANELO
TURRIANO


Fig. 3.
Lam. V.
A
B
C
D
P
W
Q
E
7.
A
C
B
D
F
C
6.
B
O
D
A
F
8.
D
P
C
G
E
B
C
Paumer ſcup. Bne





TRATADO
DE FORTIFICACION, ò Arte de conſtruir los Edificios Militares, y Civiles.

PARTE SEGUNDA.

Contiene el conocimiento de los Materiales, ſus Propriedades, Qualidades, y modo de emplearlos.



ANTES de explicar la conſtruccion de una Fortaleza, es neceſario indicar las diverſas claſes de Materiales que ſe emplean en ſu Fabrica, no ſolo para exâminar ſus buenas, ò malas qualidades; ſino tambien para diſcernir el mejor modo de prepararlos y uſarlos de ſuerte, que la Obra reſulte ſolida y permanente en todas ſus partes. Eſta importancia es uno de los principales objetos à que debe atender cuyda-

dosamente el Ingeniero encargado en la direccion de una Obra, pues queda responsable de su buen exîto, y duracion; cuyas utilidades no podrà conseguir sin tener un exâcto conocimiento de los Materiales que hayan de emplearse. Pero como estos Materiales ordinariamente difieren en sus qualidades, no solo en distintos Paises, sino en varios parages de una misma Provincia; explicarèmos en general sus propriedades y circunstancias, para que se puedan contraher à los casos particulares que ocurran.

SECCION I.

De la Qualidad, y Naturaleza de las Piedras, que se emplean en los Edificios.

SE pueden distinguir las Piedras en dos especies, esto es, en duras, y blandas. La Piedra dura es la que se halla expuesta al áire libre, como las Rocas, y diferentes peñascos que se encuentran desprendidos sobre la superficie de la Tierra: La Piedra blanda es la que se saca de las entrañas de la Tierra, y de lo interior de las Cantèras. No hay duda, que la Piedra mas compactada y de mayor dureza, es la que mejor conduce para que las Obras sean solidas, y permanentes; pero como ra-

ra vez ſe encuentra en ſuficiente cantidad para conſtruir toda una Fortaleza, es neceſario deſtinar la de mejor calidad en lo exterior de los Muros, en ſus Cimientos, y en todos los parages expueſtos al choque ò corriente de las aguas. Para eſtos fines ſe emplean con preferencia las Rocas expueſtas al temporal, y las Piedras que ſe arrancan de la parte ſuperior de las Cantèras; por que ſu mayor conſiſtencia aſegura la Fabrica, y la preſerva contra los accidentes del tiempo.

Aunque la Piedra de algunas Cantèras, ſe halle tierna, y de facil corte deſpues de arrancada; con todo, expueſta à la inclemencia, por lo comun ſe endurece, haciendoſe mas apreciable la que en menos tiempo adquiere mayor conſiſtencia. Con eſte conocimiento, el Ingeniero deſtinado à la conſtruccion de una Obra, podrà exâminar las qualidades de las Piedras que ſe ſaquen de las Cantèras inmediatas, valiendoſe al miſmo tiempo de los informes de los naturales, convinados con los que ofrezcan los antiguos Edificios de las proprias claſes de Piedras; pues con uno, y otro diſcernirà la que debe emplear en la conſtruccion, reſervando la mas ſolida, como ya ſe ha dicho, para el exterior y Cimientos de los Muros: por que la diſcreta eleccion y uſo de los Materiales, es lo que principalmente conduce à la duracion de la Obra, y no el

deſtino confuſo, que por lo ordinário les dàn los Alarifes.

Pero ſi ocurrieſe no haber Cantèra abierta, ò que la Piedra no eſtè experimentada, ſe deben ſacar algunos Sillares, dexandolos por un año à lo menos expueſtos al temporal antes de uſarlos, à fin de poder conocer ſu calidad, y conſiſtencia: pues ſi los hielos no la abren, ni la humedad, y calor la deshacen ò deſmoronan, ſerà prueba de ſu buena duracion en las Obras; y al contrario, no reſiſtiendo à eſte experimento, ſerà inutil el emplearla.

Mr. Boyle prêtende, que ſe ha reconocido en las Piedras un jugo, ò ſubſtancia que las nutre de la miſma ſuerte que à las Maderas; y en eſto ſe funda para apoyar, que ſegun la Sazon del año en que ſe arranque la Piedra, ſerà mas, ò menos permanente: pero como no ſeñala qual ſea la eſtacion mas apropoſito, ni dà razon alguna de lo que expone, no ſe puede deducir alguna regla ſegura de quanto dice ſobre eſte aſunto. Sin embargo no ſe puede dudar, que la Primavera es la eſtacion mas adequada para arrancar la Piedra de las Cantèras; pues de eſta forma tendrà tiempo de evaporarſe de ſus humedades con el ardor del Sol en el Verano inmediato; y ſe evitarà, que los hielos del Invierno la eſtallen y la deſtruyan, como de ordinario ſe experimenta ſin eſta precau-

caucion aunque la Piedra ſea naturalmente ſolida y tenaz.

El miſmo Autor añade, que algunas claſes de Piedra ſon de tan corta duracion, que en pocos años ſe deſtruyen: que otras no llegan à ſu mayor grado de tenacidad en treinta, quarenta, ò mas años; y que hay Cantèras en algunos parages, cuya Piedra es dura, y de buena calidad en qualquiera Sazon del año que ſe arranque; pero que empleada en mal tiempo, ſe deshace y convierte en polvo en un corto numero de años. Que en la Piedra ſe manifieſta un eſpiritu ſeminal (ſi puede llamarſe aſi), es muy probable; pero el efecto que produce en la que eſtà ſeparada de ſu Cantèra, es baſtante incierto, y ſolo podrà ſaberſe por el ſerio exâmen de una pràctica continuada.

Todas las claſes de Piedras ſe hallan por lo regular en capas, ò tongas horizontales, en cuya direccion ſe eſtallan, y ſeparan facilmente, aunque tambien ſe rompen por planos verticales; y es preciſo notar entrambas direcciones, para arrancar las piedras de ſus Cantèras; lo qual ſe executa de eſta ſuerte. Habiendo deſmontado, y apartado las Tierras, que cubrìan la piedra de las Cantèras, ſe deben exâminar las betas por donde eſtallan horizontalmente; è introduciendo en la que convenga cierto numero de cuñas à proporcionadas

diſ-

diſtancias unas de otras, ſe aprietan à golpes de Almadana, haſta deſprender la piedra ò laja, en la qual ſe marca el ancho, y largo de los Sillares que ſe deſean: Por eſtas ſeñales ſe habren à ſincel unas pequeñas caxas, ò canales que ſirven para dirigir las cuñas, que ſe aplican à 4, ò 6 pulgadas diſtantes unas de otras; y golpeandolas à todas con lentitud, y à un miſmo tiempo, ſe lograrà romper la Piedra por las ſeñales, y no al ſeſgo ò de traves. No todas veces puede ſervir eſte metodo, porque la Piedra ſuele varìar de dureza en diverſos parages, lo qual ſe advierte al corte de la caxa para las cuñas; y en eſte caſo, las que correſponden à las partes mas tiernas, ſe introducen à mayor profundidad que las otras, à fin que todas obliguen con igualdad à que ſe divida la Piedra. Eſte modo de ſepararlas es el mejor de quantos ha enſeñado la experiencia, y por lo proprio ſe ſigue con preferencia à los demàs.

Habiendo dividido los Sillares ſegun ſu anchura, ò longitud, ſe procede à ſepararlos de la miſma forma por ſu longitud, ò anchura; y unos, y otros cortes los executan los Practicos con tal deſtreza, que la magnitud de los Sillares en Toſco, difiere de la que han de tener en limpio, en menos de media pulgada. Eſte metodo, es cierto ocaſiona mayor gaſto que otros, para la ſaca de la Piedra;



dra; pero ſe logran mayores ventajas en el tranſporte, y en el menor numero de Jornales, que ſe han de invertir en el desbaſto y labor de los Sillares.

Pero ſi la Piedra es de naturaleza muy fuerte y dura, no eſtallarà facilmente con las cuñas ſolas: En eſtos caſos, ſe ven preciſados los Trabajadores à hacer las caxas mas anchas, y profundas, para que ſe puedan acomodar dos barras de Hierro, y dexen un pequeño intervalo para introducir las cuñas, que ſe impelen todas juntas, y eſtrechan las barras por igual contra la Piedra; por cuyo medio ſe logra romperla facilmente, y à poco gaſto por los parages que ſe apetece.

En otras ocaſiones ſe hace uſo de la polvora para arrancar la Piedra; y à eſte fin ſe abre un pequeño taladro vertical, ù horizontal con una barrena, cuyo diametro ſea de una pulgada, ò poco mas, regulando la profundidad del taladro por la cantidad de Piedra que ſe intenta volar: deſpues ſe limpia, y enjuga la cavidad del barreno; y cargandolo con proporcionada cantidad de polvora, ſe ataca lo demàs con polvo de la miſma Piedra muy apretado: al miſmo tiempo, ſe coloca un alambre en medio del barreno para dexar entrada al fuego haſta la polvora, y el atacador recibe el alambre por un agujero, ò delga-

gado taladro que tiene en ſu proprio Exè. El pequeño oìdo, ò comunicacion que reſulta quando ſe ſaca el alambre, ſe llena de un mixto que no ſe corra; y luego ſe dá fuego al barreno, que hace ſaltar en grandes trozos la Piedra que ſe deſea. De eſtos Cantos ſe cortan los Sillares neceſarios; pero ſe deſtruye en uno, y otro mucha Piedra, y por lo proprio ſolo es bueno eſte metodo de arrancarla (aunque es el mas barato) en donde hay ocaſion de ſervirſe de la Piedra menuda, para mampoſtear, y rellenar los Cimientos, ò interior de los Muros.

La Piedra ſe diſtingue en varias eſpecies por razon del color, y calidad de ſu grano, como en Marmol, Piedra de fuego ò de amolar, Piedra berroqueña, Piedra azulada, Alabaſtro, Piedra franca, y Piedra comun: De cada una dirèmos alguna coſa por ſu orden.

El Marmol es de diferentes colores, como Blanco, Negro, Cenizoſo, Verde, Encarnado, algunos ſalpicados y beteados con varios colores, y por eſto ſe llaman Jaſpes. La naturaleza, y uſo de los Marmoles es bien ſabida, y no neceſita mayor explicacion. Los que ſe hallan en Inglaterra ordinariamente ſon Negros, y tan duros y dificiles de pulir, que caſi no ſirven mas que para hacer Cal, co-

mo



mo lo hacen en *Plimouth*, donde âpenas se gasta de ótra especie (4).

La Piedra de fuego (que es la que se conoce por el nombre de Asperon, ò Piedra de

(4) Toda la vasta extension de estos Reynos de España està entretexida, y trabada de Montes, que encierran con abundancia quantas clases de Piedras se pueden apetecer para la construccion, adorno, y primor de los Edificios Militares y Civiles. Pero en orden à Marmoles de todas especies, se hallan en las mas de sus Provincias, Cantèras tan excelentes, que no tenèmos que embidiar los que produce la Italia. Sirvan de exemplares las Cantèras de Jaspe de Tortosa, y Tarragona en Cataluña: las de Granada, y Malaga en Andalucìa la Baxa; y las de Cabra, Moron, Gerena, y otros Pueblos de Andalucìa la Alta, que por estar proxîmos à la Marina, tienen de ellas los Estrangeros tan buen conocimiento, que no perderìan la ocasion de sacar la que desean, si sabiamente la Corte no lo hubiera prohibido con grandes penas. Sobre todos los Marmoles que se conocen, es de singular nota el que, con el nombre de *Diaspero-Sanguino*, se saca de una Cantèra cerca de Aracena, del qual se labraron las Columnas que adornan el Retablo del suntuoso Templo del Escorial: Cada Columna, que serà de 12. à 14. palmos de largo, tubo de coste once mil ducados, segun me han informado que consta en el Archivo de Cimancas; de donde se puede inferir su extraordinaria dureza, que casi iguala à la de algunas Piedras preciosas. Tiene vetas de varios colores, y Jaspeados; y en muchas partes està salpicada de pequeños granos de Oro: En una palabra, entre los Marmoles se daràn pocos que le igualen, y ninguno acaso que le exceda en calidad, y circunstancias.

amolar), viene de *Reygate*, y ſirve principalmente para las Chimeneas, Hogàres, Hornos, y Fogones; por que es una claſe de Piedra areniſca, arida, y poroſa, que reſiſte al ardor del fuego mas violento ſin calcinarſe, y aun ſin romperſe ò eſtallarſe; por cuyas qualidades ſe le ha dado el nombre de Piedra de fuego (5).

La Piedra berroqueña ſe ſemeja mucho al pedernal, es de color Obſcuro, y baſtante dura: ſirve con particularidad para empedrar las Calles, y los Caminos; para coronar ò cobijar los Muros; y generalmente ſe aplica en todos los parages donde ſe neceſita que la Fabrica ſea fuerte, por que es de la mayor conſiſtencia, y permanencia que conocèmos, deſpues del Marmol de *Plimouth*: ſe encuentra ſobre la Coſta de *Suſſex* cerca del margen de la Mar.

Para las ſolerìas ſe emplea ordinariamente una claſe inferior de Marmol azulado, que llaman *Ray-ſtone* (Piedra rayada, ò vetada);

(5) La Piedra de fuego es muy comun, y abundante en Eſpaña, y no ſolo ſe uſa para toda eſpecie de Hornos, en que ſe incluyen los de fundicion; ſi no tambien para la conſtruccion de Edificios pùblicos, como Puentes, que tenèmos muchos de eſta claſe de Piedra; por que reſiſte mejor que otra alguna à las injurias del tiempo mientras no ſea batida de áires ſalitroſos, y tiene la excelencia de labrarſe con facilidad, y de unirſe perfectamente con la mezcla, por ſu conſtitucion poroſa.



da); pero hay otra Piedra llamada *Kentish-rag*, que es de mucho uſo para la conſtruccion; eſtalla con facilidad, y tiene mucha dureza. De eſta calidad de Piedra ſe conſumiò gran cantidad en la edificacion del Puente de *Weſtminſter*; la baxan por el Rio *Medway*, y la ſacan de algun parage inmediato de *Maidſtone*.

El Alabaſtro es una Piedra muy Blanca y hermoſa, que difiere poco del Marmol: le hay con abundancia en algunas partes de Italia; pero no ſe encuentra mucha en Inglaterra, aunque en Eſcocia dicen que ſe halla alguna, y hacen de ella excelente Cal.

La Piedra franca es la que ſe ſaca de *Portland* (Isla inmediata à *Dorſetshire*), y ordinariamente la llaman Piedra de *Portland*: Se emplea en Londres, y ſus cercanìas para la conſtruccion de los Edificios grandes, y pequeños: ſu color es Blanquecino y muy igual, con el grano baſtante menudo: recien ſacada de la Cantèra es tierna, y ſe labra con mucha facilidad; pero empleada en las Obras, ſe endurece mucho con el tiempo: Los Pilares, y Arcos del Puente de *Weſt-minſter* ſe conſtruyeron con eſta eſpecie de Piedra.

En *Bath* hay aſimiſmo una Cantèra de Piedra franca, que ha ſervido para la edificacion de la mayor parte de ſus Caſas: Tiene baſtante fino el grano, y es de color Blanca,

pero no es de tanta duracion en los Edificios grandes, ò de considerable peso, como la que se conduce de *Portland.*

Quando las Piedras se esquadrèan groseramente, se llaman Sillares en tosco, ò Carretales; pero despues de labradas en limpio, reciben otros nombres adequados à sus destinos, y usos.

Se advierte en general, que la Piedra recibe y se pega mejor à la mezcla, quando sin faltar à su dureza, y buena union de su grano, es de una constitucion esponjosa que le haga chupar el espiritu de la Cal; pues la que no tiene esta circunstancia, jamàs adherirà à la mezcla, de modo que no sea facil desunirla. Para lo qual conviene asentar la Piedra en las Obras segun su lecho horizontal, ò conforme la posicion que tenian en las Cantèras. Esta pràctica no siempre la observan los Obreros, à menos que se les obligue, y cele para que lo hagan.

SECCION II.

De los Ladrillôs.

EN Inglaterra se hacen Ladrillos de varios generos y colores, y toman sus nombres segun la forma, magnitud, coccion, y calidad de la Tierra de que se fabrican.

Los

Los Ladrillos que por un lado son semicirculares, sirven para el cordon de los Muros de fortificacion: Los que se hacen con un bocado semicilindrico de tres quartos de pulgada de Radio, se unen por la cavidad, y determinan un agujero de pulgada y media de diametro: Ordinariamente se pegan con Greda, para formar conductos ò cañerìas de agua, que son mucho mas baratas que las de Plomo ò Madera. Las dimensiones ordinarias de estos Ladrillos, son un pie de largo, $4\frac{1}{2}$ pulgadas de ancho, y $1\frac{1}{4}$ de grueso.

De todas las especies de Ladrillos, los que cociendose en el medio del Horno salen vidrificados, ò cubiertos de un barniz ò vidrio, son los mejores; principalmente para emplearlos en los Cimientos, en el exterior de los Muros, y donde bate el agua, por que resisten y se conservan mucho tiempo.

Usaban los Antiguos una clase de Ladrillos, que llamaban *Didoron*, de pie y medio de largo, y un pie de ancho, pero casi iguales en espesor à la Texa comun. Los grandes Ladrillos, tienen 12 pulgadas de largo, 6 de ancho, y 3 de grueso: ordinariamente sirven para construir los Muros, con Pilastras ò Estribos, que destinan para formar alguna Cerca, y tambien se emplean en las Cornizas. Este modo de fabricar los Muros (en donde tiene lugar) ahorra mucho gasto, y hacen el mismo servicio

que

que si en toda su longitud conservasen un proprio espesor.

Los Ladrillos para solerìas, se hacen de varias magnitudes y figuras, ya Quadrados de 6, 8, 10, 12 pulgadas de lado, ò ya exâgonales que parecen mejor à la vista, dandoles à unos y otros una pulgada de grueso; deben ser de buena Tierra, y bien cocidos por todas partes, para que sean durables, y no se reduzcan à polvo en poco tiempo.

De dos modos se pueden cocer los Ladrillos, ò en Hornos, ò en Pilas. El Horno consiste en un hoyo grande en forma de cono truncado, cuya base menor es el fondo, revestido de Ladrillo, y cubierto con suficiente cantidad de Tierra, para conservar el calor todo el tiempo que sea posible: Los Ladrillos que se han de cocer se disponen de canto, y bastante unidos; pero se dexan entre ellos pequeños intervalos, para que à todos los penetre el fuego con igualdad: Este se enciende debaxo del Horno, en donde se hace una abertura, y camara para el proprio fin. El metodo de cocer en Hornos el Ladrillo, es preferible à qualquiera otro; por que su figura, y disposicion contribuyen à que todo el Ladrillo interior se cueza uniformemente. Pero quando se necesita gran cantidad de Ladrillo, se consume mucho tiempo cociendolos de esta manera, y no se puede acopiar el repuesto

que

que conviene. En eſtos caſos es indiſpenſable ſervirſe de las Pilas, que no ſon otra coſa que unos grandes Rexares quadrados, ù oblongos de Ladrillos diſpueſtos de canto, y con pequeños intervalos entre ellos, para que el calor ſe inſinue en las partes interiores. El fuego ſe enciende en el centro, y toda la Pila ſe cubre con Tierra, y Ladrillo à medio cocer, para entretener el calor. En las cercanìas de Londres, donde hay mucho Carbon de Piedra medio quemado (6), ſe pone alguno entre el Ladrillo; lo qual ayuda à cocerlo con mas prontitud, y menos gaſto.

Tanto en los Hornos, como en las Pilas, ſe pueden cocer perfectamente los Ladrillos, con tal que el fuego ſea de leña; pero el mejor modo de aprontar gran cantidad para las Obras de fortificacion, es ſirviendoſe al miſmo tiempo de Hornos, y de Pilas; cuydando de apartar los que ſalgan mejor cocidos, para emplearlos en los Cimientos, y otros parages de conſideracion, como ya hemos dicho.

Un Oficial de Albañil con ſu Peon, puede facilmente aſentar 1000. Ladrillos en un dia, quando el Muro tenga de eſpeſor Ladrillo y medio, ò dos Ladrillos; y por lo proprio aſentarà en la Obra mayor numero, ſi el Muro fue-

(6) En Inglaterra, y aun en otras partes, ordinariamente cuecen los Hornos de Ladrillo, y de Cal, con Carbon de Piedra, ò Mineral.

fuere mas grueso. Con esta experiencia, y sabiendo el Ladrillo que cabe en el cubo de una medida conocida, como la Vara, se puede regular el numero de jornales que se invertiràn en una porcion de Obra determinada, en qualquier tiempo.

Propuso un Fabricante de Ladrillo hacerlos de 18 pulgadas de largo, 9 de ancho, y 4.5 de grueso, para las Obras de fortificacion, asegurando que en Escocia los habia executado de esta magnitud con mucho aplauso. Pero otro Fabricante de Londres, dificultò la posibilidad de manejarlos comodamente para cocerlos, arguyendo con lo demasiado pesados que resultan, y que era imposible cocerlos con igualdad. Dexarèmos no obstante el exâmen de esta objeccion à los que estàn mejor instruìdos en este asunto. Lo cierto es, que si se pudieran fabricar los Ladrillos de esta clase, serìan muy utiles en las grandes Obras que se executan, asi en el agua, como en terreno enjuto; porque en uno y otro caso no se necesitarìa tanta mezcla para asentarlos, como siendo pequeños, y se ahorrarìa considerable gasto.

Los Griegos, y los Romanos empleaban en sus Edificios pùblicos, Ladrillos de tres pies de largo, y uno de ancho, pero del espesor de una pulgada y media no mas, como se puede reconocer en algunas Fabricas antiguas, tales



les como el Caſtillo de *Canterbury*; pero al preſente deſaprueban los Fabricantes toda otra magnitud, que aquella à que eſtàn acoſtumbrados, no queriendo apartarſe jamàs de ſu propria cartilla ò pràctica.

Cierto Ingeniero amigo mio, y Perſona de acreditada habilidad, me aſegurò que hacia unir muchos Ladrillos con mezcla fuerte, para formar Sillares con que fortalecer los angulos en defecto de buena Piedra: lo que es preciſo contribuya mucho mas à la robuſtez de los Muros, que aſentando los Ladrillos ſimplemente unos ſobre otros, como de ordinario ſe executa.

Yo ſeria de opinion, que ſe fabricaſen Ladrillos que contubieſen 4. de los comunes, eſto es, de 18 pulgadas de largo, 9 de ancho, y 4 $\frac{1}{2}$ de eſpeſor: por que no excediendo en grueſo à los Ladrillos ordinarios, ſe podràn cocer caſi con la miſma facilidad; y uniendo diferentes de ellos con buena mezcla, pueden aplicarſe à las Obras en lugar de Piedra, para reforzar los Muros en los parages que lo neceſiten. Eſte expediente, ſolo le propongo para aquellas Plazas en cuyas cercanìas no ſe encuentra Piedra; pues es cierto que en donde la hay, es mucho mejor ſervirſe de èlla, que del Ladrillo.

Algunas Perſonas eſtàn perſuadidas, que en el agua ſalada no duràn los Ladrillos; pero

habiendolo yo consultado à *Mr. Bratte*, Fabricante de Ordenanza, y Sugeto de consumada experiencia, me respondiò, que si el Ladrillo es bien cocido, como los que salen embarnizados, y se hacen de una Greda homogenea sin liga de otra especie, se conservaràn en el agua salada del mismo modo que la mejor Piedra; y que en prueba de esto habia construìdo con Ladrillo de esta clase, los Muelles de *Woolwich*, de *Chathan*, y otros en diferentes Plazas, donde permanecen hoy sin la menor apariencia de menoscabo, aun despues de muchos años de empleados.

Hay una especie de Ladrillos llamados *Grey-stock*, que adornan mucho las Fachadas de los Edificios, y se emplean con especialidad en Londres, y sus contornos. La Casa del Duque de *Norfolk*, en la Plaza de *San Jayme*, està fabricada de Ladrillo tan particular, que causa admiracion à quantos la ven. Estos Ladrillos se hacen en el proprio Pais; pero no pude saber su composicion, à causa de ser un genero de mysterio, conocido de muy pocos Trabajadores. *Mr. Bratte* me manifestò algunos Ladrillos de un color palido, tirando al blanco, como si fuesen hechos de Greda roxa mezclada con Marga (Tierra focil, ò Mineral Blanquecina); son muy duros, tienen el sonido como si fueran de Piedra, y en el interior son muy tersos, y sin cavidades. Si esta clase

ſe de Ladrillo, fuera mejor conocida, me hago cargo que ſe habia de preferir à qualquiera otra, para la conſtruccion.

El mejor modo de hacer los Ladrillos, conſiſte en ſacar la Greda antes del Invierno, dexandola por todo èl expueſta al temporal, para que de eſta ſuerte ſe ſuavice con las lluvias, y con el Sol, y ahorre el trabajo de prepararla. Los meſes de Abril, Mayo, Junio, y Julio, ſon los mas aproproſito para fabricarlos; pues concluìda eſta Sazon, ſe humedece el tiempo, y no ſe podràn cocer bien los Ladrillos. Muchos Artifices pretenden, que deſpues de cocidos han de paſar dos años à lo menos antes de emplearlos en las Obras, para que eſtas ſean de duracion: y añaden que paſado el mes de Agoſto deben ceſar los trabajos al deſcubierto, à fin de dàr lugar à la mezcla para que ſe endurezca antes de las lluvias; pues con eſtas, y los hielos del Invierno, ſaltan los rebocados, y ſe mueven los Ladrillos, ocaſionando uno, y otro nuevos reparos y gaſtos en el Verano inmediato, como yo miſmo lo he experimentado en muchas Obras.

Como el Ladrillo no es otra coſa que una Piedra artificial, con que ſe ſuple el defecto de la natural, no hay duda, que ſu duracion depende de la buena calidad de los Materiales que ſe empleen en ſu fabrica; los quales ſe han de preparar, figurar, y cocer perfectamente

para que el Ladrillo resulte de buena consistencia: y por lo mismo un Ingeniero, que propone executar con acierto alguna Obra, es preciso que cuyde mucho de la eleccion, y fabrica de los Ladrillos. Pero el mejor modo de evitar qualquier engaño, consiste en disponer que se haga el Ladrillo en las inmediaciones de la Obra donde se ha de emplear, encargandolo à Trabajadores instruídos, para que el Ingeniero, ò los que estèn à su orden, puedan invigilar el modo de fabricarlos; advirtiendo, que siempre se lograràn por administracion con mas conveniencia, y de mejor calidad, que comprandolos por Contrata, ò Asiento, como es ordinario.

SECCION III.

De la Cal.

LA Cal se hace de todo genero de Piedras, y Minerales calcinables: la Piedra mas dura produce la mejor; y la Marga (7) la de infe-

(7) La Marga, que los Ingleses llaman *Chalk*, es una Tierra focil, que se encuentra en algunos parages à corta profundidad, y la recomiendan los que tratan de Agricultura, como un abono singular para engrasar, y beneficiar los Campos, en lugar de Estiercol. Aunque hay Marga de varios colores, la que ordinariamente sirve

ferior calidad. El modo de conocer ſi una Piedra es calcinable, ſe reduce à tomar un pedazo del grueſo de una nuez, echarla al fuego comun, y convertirla en braſa: deſpues ſe aparta, y ſe dexa enfriar; y ultimamente ſi vertiendo agua ſobre èlla, produce humo, y la diſuelve, ſerà prueba que la Piedra es calcinable. Pero el modo mas facil de averiguarlo en la miſma Cantèra, ò Mina, es verter unas gotas de Agua fuerte ſobre la Piedra, ò focil; pues ſi ocaſionan herbor, y diſuelven una parte de èlla, ſerà calcinable; pero ſi el Agua fuerte ſe mantubiere como Aceyte ſobre la Piedra, y no fermenta en el focil, ni uno ni otro ſerà bueno para hacer Cal.

Entrambos experimentos he practicado yo miſmo ſobre diferentes claſes de Piedras, y ſiempre hallè, que correſpondieron uniformemente al intento. Se dice, que la Piedra franca no ſe puede calcinar; pero yo he encontrado todo lo contrario por las citadas experiencias.

Tam-

---

ve para hacer Cal, es algo amarilla, ò blanca: Su conſiſtencia, y union la hacen equivoca con la Piedra floxa; y por lo proprio la ſacan de la Mina en trozos, los quales ſe acomodan en el Horno para cocerlos, como ſi fuera Piedra. Eſta claſe de Cal es muy comun en Sevilla, y ſus contornos, donde apenas ſe gaſta otra para edificar: y de ordinario prueba muy bien para las Obras de toda eſpecie, mientras no ſe le mezcle mucha Arena, por que ſe desharìa como ceniza.

Tambien se pretende, que la mejor Cal de todas se hace de guijarros, y de una especie de pedernal de color de ceniza; pero sin embargo de haber hecho varios ensayos sobre estas Piedras, jamàs pude calcinarlas; y por lo proprio soy de opinion, que no producen Cal alguna, y los que pretenden lo contrario, no tienen otra prueba ni fundamento que el haberlo oìdo decir.

Todas las Piedras que encierran algunas particulas metalicas, y las que estèn sujetas à vidrificarse, hago juìcio que no se calcinaràn jamàs, por mas fuego que se les dè; à lo menos asi lo he verificado siempre en mis experimentos: No obstante, temeroso de incurrir en algun error, dexo à los Chîmicos la averiguacion, y decision de este asunto, como Sugetos que logran mayor oportunidad, y destreza en esta clase de experimentos.

Las Provincias de Inglaterra producen diferentes generos de Piedras para hacer Cal: En *Kent*, donde hay muchas Minas de Marga, la hacen de este focil; y la mayor parte de la que se gasta en Londres, y sus cercanìas, viene de aquel parage, por la conveniencia de conducirla por agua; lo qual la hace mucho mas barata, que qualquiera otra transportada por tierra. Pero esta especie de Cal, es la mas inutil de todas; pues aunque puede servir muy bien para jaharrar, y blanquear lo interior de

los



los Edificios; con todo, como los mas de los Albañiles hacen las Obras por Aſiento, la emplean en la conſtruccion, en perjuìcio de la robuſtez, y duracion de las Fabricas. Eſte abuſo le entretiene la negligencia, y poco exâmen que hacen los proprietarios; pues de ordinario ſe contentan con que dure el Edificio el tiempo que le puedan disfrutar.

En las inmediaciones de *Portſmouth*, hay un montecillo de Marga baſtante dura, que produce Cal muy buena, de la qual ſe ha empleado mucha en la conſtruccion de aquella Plaza; no obſtante que la Piedra de *Purbeck*, que no diſta mucho del miſmo parage, y los fragmentos de la Piedra de *Portland* la producen exquiſita. Pero yo ſupongo, que la primera Cal no ſe ha gaſtado por mejor que la ſegunda, ſi no por mas barata; lo qual ſerìa muy mala razon; por que todas las Obras pùblicas que ſon de grande importancia, ſe deben executar tan ſolidas, y permanentes como ſea poſible; pues lo que ſe ahorra en el menor coſte de los Materiales, ſe pierde en la poca duracion del Edificio.

La mejor Cal de la que ſe gaſta en todo Inglaterra, ſe hace del Marmol que ſe encuentra cerca de *Plymouth*, y es muy comun en todas ſus cercanìas. Los Romanos, è Italianos no uſan otra Cal, que la del Marmol, para todos ſus Edificios pùblicos, por que es la me-

jor

jor que ſe puede hacer, y por lo proprio, conſtituye las Obras en que ſe emplea, de mayor robuſtez y permanencia, que qualquiera otra executada con diferente eſpecie de Cal.

Por la mayor parte ſe advierte en los Alarifes de eſte Pais, que no atienden tanto à ſu credito, y reputacion, como à enriquecerſe con las Obras que emprenden; y por lo miſmo hay pocos que llegen al conocimiento de la buena conſtruccion: Aſi, ordinariamente las Obras eſtàn maliſimamente conſtruìdas; por que ſe contentan con que los paramentos, y todo lo que ſe vea parezca bien, y no les importa que lo interior eſtè malo. Lo que vicia el metodo de conſtruìr con ſolidez, conſiſte en que todas las Caſas de Londres, y ſus contornos ſe hacen por Aſiento; de manera, que ſi el Edificio permanece el numero de años contratado, ſe dàn por ſatisfechos los Proprietarios, y no ſe cuydan de mas reconocimiento, ni exâmen: Eſta coſtumbre dà ocaſion, à que los Albañiles hagan precipitadamente las Obras, en grave perjuìcio de ſu robuſtez, y duracion.

En la mayor parte de Eſcocia, ſe abunda de Piedra, que produce exquiſita Cal, y ordinariamente emplean la miſma Piedra en la conſtruccion de las Obras: en algunos parages tienen Alabaſtro, que dà tan buena Cal, como el Marmol. En Irlanda, eſpecialmente cerca de *Dublin*, la Piedra Cal ès aſimiſmo
tan



tàn abundante, que se edifica con ella; lo qual, es muy ventajoso à la robustez de las Fabricas, por la facilidad con que la mezcla se une, è incorpora con toda Piedra calcinable.

Un Ingeniero empleado en la conducta de qualquiera Obra, debe exâminar, y tener conocimiento de las varias especies de Piedras que se hallen en los contornos, para asegurarse de la que sea mejor para hacer Cal; y no debe elegir la mas barata (lo qual apenas podria escusar à un Archîtecto en las Obras particulares), sino la mas conveniente; por que en la bondad de la Cal estriva la de los Edificios. Pero si ocurriese, que toda la Cal de las inmediaciones fuese de malas circunstancias, serà preciso que la solicite buena de otros parages, à lo menos para revestir los Muros con paramentos de 14, ò 16 pulgadas de fondo, labrando lo interior con mezcla de menos coste.

La Cal se cuece en Hornos muy semejantes à los de Ladrillo, y la Piedra se debe romper en pedazos como el puño, especialmente quando fuere demasiado dura; pero si es tierna, como la Marga, no necesita de tanta precaucion. Se debe cuydar, que la Piedra resulte enteramente cocida, y con igualdad por todas partes; por que de lo contrario no se disolveràn algunas particulas de la Cal hasta que estè empleada la mezcla, y ocasionarà en las Obras, aberturas y gritas perjudiciales.

Tambien ſe hace Cal de toda eſpecie de Hoſtras, y Conchas de la Mar, la qual ſe aprecia mucho por ſu calidad exquiſita; pues ſe enjuga, y endurece en muy poco tiempo, y por lo miſmo ſe mezcla con la *Terraſa de Holanda* (8), para emplearla en todas las Obras, que ſe conſtruyen en el agua, lograndoſe al miſmo tiempo con eſta Cal la conveniencia de menor coſte, que la *Terraſa*.

Es preciſo advertir, que las Piedras que ſe arrancan humedas de las Cantèras, producen mejor Cal, que las que ſe hallan enjutas ſobre la ſuperficie de la Tierra. Aſimiſmo, ha manifeſtado la experiencia, que la parte mas enjuta, y ſin ſubſtancia de una Roca expueſta al áire libre, produce diferente Cal, que la mas interior que ſe conſerva jugoſa por no herirla los rayos del Sol: y por lo proprio un Ingeniero juìcioſo, y amante del acierto, no ſolo ha de diſponer, que ſe reconozcan las partes exteriores de las Rocas, ò Cantèras, ſi no tambien las interiores que eſtèn reſervadas de las injurias del tiempo; porque ſin eſte exâmen,

(8) *Terraſa de Holanda*, es una eſpecie de polvo, hecho de cierta Tierra, que ſe encuentra en las cercanìas del *Baxo Rhin* en Alamania, y en las inmediaciones de *Colonia*: Se cuece como el Yeſo, y ſe convierte del miſmo modo en polvo: Eſte es excelente para la compoſicion de la mezcla, que ſe emplea en todas las Obras dentro del agua.



men, es posible que desprecíe como inutiles las de mejor calidad.

SECCION IV.

De la Arena, Terrasa, y Puzolana.

AUnque en la Arena se manifiesta muy poca diferencia, con todo, se encuentra alguna, que mezclada con la Cal, produce mejor liga que las otras. En las Fabricas ordinarias, siempre se sirven de la que se halla mas à mano; y en algunas partes, como en Londres, reducen à polvo los escombros de los Edificios demolidos, y le emplean como Arena. Pero en las Obras de conseqüencia no se sigue una pràctica tan despreciable, y perjudicial; pues la buena calidad de los Materiales, constituye à las Obras de mejor solidez y duracion, que estos indiscretos arbitrios de la Economìa: por cuya razon se deben tomar las mayores precauciones para evitarlos; y à este fin exponemos las observaciones siguientes.

La mejor Arena, es la que tiene el color claro, y transparente; cuyo grano sea entero, y no muy pequeño, por que no se une, ni forma un cuerpo quando se liga con la Cal; y por la propria razon, se ha de buscar la Arena sin mezcla de Tierra, ni polvo alguno, si no

que sea limpia, y desprendida de quâlquiera otra materia que no sea Piedra.

El modo de conocer si la Arena està libre de particulas de Tierra, consiste en tomar una porcion, y estregarla entre las manos; y si despide algun polvo, serà cierta señal que no està pura: mas si el grano se conoce que es de Piedra, y no dexa alguna señal de polvo en las manos, serà prueba de su buena calidad. Si ocurriese el no encontrar buena Arena en las inmediaciones del parage donde se necesite, serà conveniente lavar aquella porcion, que se requiera para le mezcla que pueda emplearse en los paramentos de los Muros, en los Arcos, y otras Obras que no permitan disimulo en las circunstancias de la Arena. Para lavarla, se echa una cierta cantidad en una Cuba, se cubre con agua, se remueve con un palo, y se transbierte el agua: esta misma operacion se repite hasta que el agua salga clara, y quedarà limpia la Arena.

La que se saca de los Rios es la mejor de todas, por que el grano tiene proporcionada magnitud, y ordinariamente se encuentra libre de materia estraña. Algunos se persuaden, que la Arena de la Mar, ò de agua salada, tambien es muy buena; pero yo soy de opinion, que no se debe emplear en donde se requiere que la Obra sea de satisfaccion; por que la Sal (si no estoy engañado), es fa-

tal

tal ingrediente para la mezcla, como ſe explicarà mas adelante.

Ha enſeñado la experiencia, que la Arena ſe debe emplear antes que los áires la deſequen, para que haga buena liga con la Cal; y para que no ſe pierda, quando es neceſario acopiar gran cantidad, conviene cubrirla de modo que no la hieran los rayos del Sol, y conſerve ſu humedad.

En lugar de Arena, ſe ſuelen mezclar con la Cal algunas otras coſas, como Cenizas (9), polvo de Texa, eſcoria de Hierro ſacada de las Fraguas, &c.; pero es neceſario moler eſtos ingredientes haſta reducirlos à un polvo fino. Los varios experimentos, que he hecho ſobre eſtos Materiales, me han aſegurado que ſi ſe incorporan bien con la Cal, producen exquiſita mezcla. Habiendo jaharrado algunos Muros con mezcla de eſtas eſpecies, en el mes de Diciembre, y reſervado algunas porciones en parages ſecos, y calientes, diſpueſtas en forma de eſpheras; ſe hallò que aſi la mezcla expueſta al temporal, como la que eſtaba à cubierto, ſe quaxàron, y endurecieron con igual prontitud; ſin poder diſtinguir alguna diferencia entre èllas, en quanto al tiempo que neceſitan para tomar cuerpo y conſiſ-

(9) Pos eſtas Cenizas ſe han de entender las que ſe recogen de los miſmos Hornos de Cal, principalmente en los que ſe quema Carbon Mineral, ò de Piedra.

ſiſtencia : no obſtante , ſe pretende perſuadir, que la que ſe compone con eſcoria de Hierro, es mas eficaz en adquirir ſu dureza.

La liga de Cal comun, y eſcoria de Hierro, forma una argamaſa muy exquiſita para enlucir las Ciſternas, pues llega à endurecerſe tanto, que jamàs la penetra el agua ; pero es preciſo trabajarla con poca agua, y uſarla como Greda fuerte.

Otras varias eſpecies de polvos ſe mezclan con la Cal, en lugar de Arena, eſpecialmente para trabajar las Ciſternas, y todas las Obras de agua. Hay un genero de eſtos polvos, que llaman *Puzolana*, por el nombre del lugar (*Puzol*) donde ſe ſaca en el Reyno de Nàpoles: eſte polvo es de color roxo, y mezclado con la Cal ſe endurece con prontitud, y ſe conſerva firme aunque ſea debaxo del agua (10).

Aſi-

(10) Es voz comun, que en algunos parages de Eſpaña ſe encuentra la *Puzolana*, pero con particularidad en eſte Principado de Cataluña, convienen muchos que la hay de exquiſita calidad : y aun una Perſona de circunſpeccion, veracidad, y caracter me ha aſegurado, que en ſus proprias manos ha tenido diverſas mueſtras de eſta ſubſtancia. Conſiderando la bondad, que generalmente ſe advierte en todas las claſes de Materiales que produce eſte Pais, en donde la miſma Tierra, como dice *Mr. Maigret* puede emplearſe en la conſtruccion de los Muros; no es raro que la naturaleza le haya enri-

que-

Aſimiſmo ſe hace polvo de una claſe de Piedra tierna, que ſe encuentra cerca de *Collen*, en el baxo *Rhin*, y es de mucho aprecio: Eſta Piedra ſe calcina, y ſe reduce deſpues à polvo por medio de un Molino: en eſta conformidad le conducen en grandes cantidades à Holanda, de donde ha tomado el nombre de *Terraſa de Holanda*: Su color es ceniciento quando no eſtà adulterado, lo qual ſucede de ordinario, por que es coſtoſo y abſolutamente neceſario para las Obras de agua; y por lo proprio lo acrecentan quanto pueden los Tratantes.

Nos olvidamos haber prevenido, que la Cal ſe debe cocer con Carbon de Piedra, y nunca con leña; por que como el Carbon eſtà muy impregnado de particulas ſulphuroſas, ſe

---

quecido tambien con Minas, ò vetas de *Puzolana*: Pero es de eſtrañar, que ſiendo eſtos naturales tan induſtrioſos, y laborioſos, no ſe hayan dedicado à ſacarla, y beneficiarla, para hacerla util en las Obras.

La proteccion, y cuydado que merece á nueſtro Auguſto Soberano, el adelantamiento de la Agricultura, nos pone en la confianza de que ſu eſtudio, y cultivo han de procurar à la Nacion deſcubiertas ventajoſas para las Artes mechânicas: Seria muy importante al Real Servicio, y à la pùblica utilidad, que ſe indagaſen, y ſeñalaſen en toda Eſpaña los parages (ſi hubiere muchos) donde ſe encuentre la *Puzolana*; y es veriſimil, que al miſmo tiempo ſe hallarian algunas Tierras foſiles, equivalentes à la *Terraſa de Holanda*.

ſe introducen, è incorporan con la Caſ, y la hacen mas glutinoſa. Tambien ſe ha deſcubierto, que la liga de las Cenizas, y pequeñas particulas de Cal que ſe hallan en los miſmos Hornos, reducido el compueſto à polvo, y empleado en lugar de Arena, dà una mezcla para las Obras de agua, tan fuerte como la *Terraſa de Holanda*. La razon de eſta conſiſtencia, ſe debe atribuir, à que las particulas de Cal envueltas en las cenizas ſe conſervan enteras, haſta que mezcladas con la Cal ſe diſuelven, abſorviendo las partes aquoſas que encierra la miſma Cal, no dexandole mas humedad que la neceſaria para que ſe una firmemente con el Ladrillo, ò Piedra; y por eſte medio ſe logra una Obra ſolida, y robuſta.

En algun parage de Inglaterra (en *Dorſeſthire* ſi no me engaño) ſe encuentra una Piedra floxa, muy ſemejante à la que dà la *Terraſa de Holanda*, y aſeguran que harìa el miſmo ſervicio en las Obras de agua. Si eſto es aſi, me admira que no ſea mejor conocida, pues nos pondrìa en eſtado de conſtruìr eſte genero de Obras con nueſtros proprios Materiales, y à menos coſte que comprando la *Terraſa* à los Holandeſes, quienes por lo regular la mezclan con otras materias para aumentar la ganancia. Yo no dudo que ſi ſe diſpuſieſe un reconocimiento, y exâmen por las Perſonas que tienen autoridad, no ſolo ſe

deſ-

deſcubrirìa en algunos Territorios la miſma eſpecie de Piedra que produce la *Terraſa de Holanda*; ſi no tambien la que ſe calcina para hacer Yeſo como el de Paris.

N. Al preſente hay aqui en Inglaterra la *Terraſa*, y ſe vende à 18 ſueldos el *Bushel* (medida de Inglaterra, que correſponde à media Hanega de Eſpaña), en lugar que los Holandeſes le venden à 2 Shillings, ò 24 ſueldos, y no es de mejor calidad.

SECCION V.

Modo de preparar, y hacer la Mezcla.

NO ſolo en diverſos Paiſes, ſi no tambien en una miſma Provincia, ſon diverſos los modos de hacer la Mezcla. El que ordinariamente ſe ſigue en Londres, y ſus inmediaciones, conſiſte en formar un monton de Cal en piedra, que ſe cubre con la Arena neceſaria para la Mezcla, y ſobre el todo ſe vierte agua con lentitud, haſta que la Cal eſtè diſuelta è incorporada con la Arena: Al dia ſiguiente paſan por una criva el compueſto, y le apartan las pequeñas Piedras, que por no haber ſido bien calcinadas no ſe deshicieron con las demàs: luego la baten bien, y la emplean inmediatamente ſin mas ceremonia.

Pero nueſtros Ingenieros uſan de mayores precauciones ; porque la hacen amaſar, y remover cada 24 horas por el diſcurſo de una ſemana entera : deſpues la dexan repoſar otra ſemana ; y luego la mandan batir , y ſuavizar con los Rodos, para emplearla en la conſtruccion. Por eſte medio ſe logra una Mezcla buena , aunque la Cal ſea de inferior calidad, con tal que no ſe le eche mucha Arena.

La proporcion , que ordinariamente ſe ſigue en la Mezcla de Cal , y Arena , es à dos partes de Cal , ponerle tres iguales de Arena; pero eſta Regla no es general , por que unas Cales ſon mas graſas ò glutinoſas que otras, y por lo miſmo admiten mas , ò menos cantidad de Arena que la ſeñalada en la proporcion antecedente. La Mezcla que de ordinario ſe gaſta en Londres y ſus cercanìas , eſtà demaſiado cargada de Arena ; pues con tal que tenga la ſuficiente Cal para entretenerla unida , ſe dàn por ſatisfechos los Albañiles; quienes ademàs (por ſer eſta claſe de Mezcla mucho mas barata que el Ladrillo) hacen tan grueſas las capas entre las hiladas , que en breve tiempo ſe baxa, è inutiliza la Obra; pero ſi ſe les preciſa à que empleen buena Mezcla, gaſtan muy poca , por que les cueſta mucho.

En Francia ſe hace la Mezcla de diferente modo : Conſtruyen ſobre el terreno una

Bal-



Balſa, ò Alberca de 12, ò 18 pulgadas de profundidad: entablan el ſuelo, y le dán la extenſion neceſaria para la Cal, que intentan diſolver; y luego echan una capa de 6, ù 8 pulgadas de Cal en piedra, cubriendola con agua, y removiendola haſta que enteramente eſtè diſuelta. En eſta forma la ligan con la Arana, y hacen la Mezcla algunos dias deſpues. Pero en las Obras de mayor conſideracion, cubren la Cal con un tercio de Arena, y la dexan repoſar todo un año. Se pretende, que los Antiguos diſolvìan la Cal muchos años antes de gaſtarla; y hay algunos de opinion, que la Mezcla freſca, es mucho mejor que la antigua: Mas yo ſoy de dictamen, que ſe ha de conſultar, y exâminar la naturaleza de la Cal, para afianzar el acierto en ſu aplicacion; por que ſi ſiendo muy fuerte, ſe dexa repoſar mucho tiempo, ſe endurecerà de forma que ſe harà inutil, como ſucediò en *Metz*, donde paſado un año, ſe convirtiò en Piedra, ſegun lo dice *Mr. Belidor*: pero ſi la Cal fuere de inferior calidad, ſerà muy conveniente dexarla repoſar mas tiempo para que produzca buena Mezcla.

Para que eſta ſea de ſobreſaliente calidad, importa apagar la Cal antes que ſe evapore, y pierda ſu virtud, diſolviendola enteramente antes de ligarla con la Arena, y ſin echarle mas agua de la que ſea neceſaria para prepararla, y

batirla: De esta manera se podrà conservar la Mezcla mucho tiempo, con tal que se cubra de Arena, y se preserve del Sol y lluvias.

El agua que se emplea para disolver la Cal, tambien merece alguna consideracion; porque si es enlodada, ò llena de fango, como la que se recoge en las calles de Londres para este fin, viciarà la Mezcla, y no serà de buen servicio. Se cree que toda especie de agua clara es buena; pero entre estas la mas dulce es la mejor. Algunos pretenden que el agua salada, ò de la Mar, se puede usar para las Mezclas; pero necesariamente ha de disminuir su bondad: por que nadie ignora que la Sal, en tiempo humedo, se convierte en un fluido, que ablanda la Mezcla impregnada de èlla; y por lo proprio, en el Invierno pierde la consistencia, y tenacidad con que hacia solido al Edificio.

Para la Mezcla, que deba emplearse sin dexarla reposar (lo qual solo puede hacerse en los casos, que no sufren dilacion), se ha de disolver y cubrir la Cal con Arena sobre una explanada, ministrandole el agua poco à poco, para que se deshaga enteramente: despues se debe cernir por una Criva, para separarle las piedras que le queden: luego se ha de batir, y amasar bien cada dia en todos los de una semana, dexandola reposar por otra à lo menos, y batiendola de nuevo para emplearla;

y



y ſerà muy conveniente no gaſtar mas agua de la que ſe le eche en la primera vez. Pero ſiempre que ſea poſible preparar la Mezcla, ſegun ſe ha explicado antecedentemente, ſe dexarà repoſar ſeis meſes, que es ſuficiente tiempo para que ſe diſuelvan todas las piedras calcinadas; pues las que no lo eſtèn, no haràn daño à la Obra, y aun las podràn ſeparar los Albañiles al tiempo que uſen de la Mezcla.

Para los Cielos raſos, ſe hace otra eſpecie de Mezcla menos ſujeta à abrirſe, y mas fina que las antecedentes. En ſu compoſicion, ſolo interviene buena Cal, y pelo de Baca ſin alguna Arena. La proporcion que por lo ordinario ſe obſerva en eſta Mezcla, conſiſte en echar una Hanega de pelo, à cada ſeis de Cal: Y las circunſtancias, que la recomiendan, ſon el conſervarſe ſiempre muy unida, ſin producir grietas ò hendiduras, y el pegarſe mejor que otra à la materia que ſe aplica.

La Mezcla que ſe hace con *Terraſa*, *Puzolana*, polvo de Texa ò Tieſtos, ò bien con Cenizas, ſe liga y ſe prepara del proprio modo que la comun, y ſolo ſe Mezcla con la Cal alguno de eſtos ingredientes en lugar de Arena, echando partes iguales de cada eſpecie. Como eſtas claſes de Mezclas ordinariamente ſe diſponen para las Obras que ſe trabajan en el agua, es neceſario que la Cal que intervenga en ſu compoſicion, ſea de la mejor cali-

lidad que ſe encuentre; y por lo proprio la que ſe ſaca de las Hoſtras, Conchas, ò Marmoles, ſerà la mas à propoſito; pero en aquellas Obras que alternativamente ſe hallan cubiertas, y deſcubiertas por el agua, es preferible uſar del polvo de Texa en lugar de la *Terraſa*; porque èſta ha manifeſtado la experiencia, que en eſtos caſos no es de mucha duracion ſu tenacidad, y lo miſmo ſucede con la Mezcla de Cenizas, que no es buena para las Obras expueſtas al áire.

En las Fortificaciones, Darſenas, y Muelles, ſerìa conveniente conſtruìr las Obras que han de permanecer debaxo del agua, con Mezcla de *Terraſa*, y los paramentos de las demàs, con Mezcla de polvo de Texa, haſta dos pies de grueſo; por que con eſta prevencion, ſe evitarìan continuos reparos en los Muros de eſtas Fabricas. Las Bovedas, y Arcos ſubterraneos, ò deſcubiertos, ſe deberìan conſtruìr tambien con eſte genero de Mezcla, y aun ſerìa mejor con la de Cenizas. Las Ciſternas requieren Mezcla de *Terraſa*, como todas las Obras, que ſe han de conſervar ſiempre debabaxo del agua.

La fuerza, y conſiſtencia de la Mezcla, no depende ſolo de la de los Materiales que la componen; ſi no tambien del modo de prepararla: Ordinariamente le echan mucha agua los Trabajadores, con la idea de liquidarla, pa-



para batirla mas facilmente; y con esta pràctica jamàs se logrará, que la Mezcla sea de buena calidad. Pero si despues de disuelta la Cal, se le añade muy poca, ò ninguna agua, y se bate, hasta que la fuerza del trabajo la suavice, y ablande de forma que resulte mantecosa, ò glutinosa, se tendrà una Mezcla de toda satisfaccion.

Una Persona de acreditada experiencia en las Obras de fortificacion, me asegurò que hacia humedecer la Mezcla con tanta economìa, que para suavizarla, era preciso que los Peones la trabajasen, y batiesen ocho dias de continuo; y que despues la dexaba reposar quince dias, para emplearla en las Obras. Este metodo no hay duda que afianza la buena construccion, y por lo mismo se deberìa seguir en todas las Obras de fortificacion, en cuya solidez se interesa todo el Estado.

Algunos Sujetos de los que suelen estar encargados en la conducta de las Obras, siguen una pràctica contraria; pues he visto que despues de concluìdas, se deshace y desmorona la Mezcla, como si fuera de Arena sola: Pero exâminada con cuydado, se advierte que mas de la mitad de la Cal, quedò sin disolverse en pequeñas piedras entre la Arena. Asi, no es estraño, que muchas Obras duren poco, aunque los Materiales que concurrieron à su construccion hayan sido de excelente calidad.

Pa-

Para hacer que las Obras de Ladrillo parezcan bien à la viſta, ſe ha introducido el abuſo de dàr tres quartos de pulgada de grueſo à las capas de Cal que unen las hiladas; cuya pràctica es perjudicial à la robuſtez y permanencia de la Obra, y por lo proprio ſerìa conveniente preciſar à los Albañiles à que hicieſen las capas de Mezcla de un quarto de pulgada ſolamente, que es lo baſtante para aſentar los Ladrillos.

En la conſtruccion de los Muros que tienen declivio, es conveniente que las hiladas de Ladrillo, ò Piedra ſean perpendiculares al miſmo declivio, y no al Plano vertical, como es la coſtumbre. Las razones, que hay para eſta pràctica ſon dos: Primeramente, quando ſe labra con Piedra, ſe pueden eſquadrèar todos los Sillares, y ſe lograrà mucho ahorro en ſu desbaſto, y aſiento en el Muro; y ſi eſte fuere de Ladrillo, reſultaràn todas las capas de Mezcla, con un miſmo eſpeſor por todas partes; en lugar que quando las hiladas ſe aſientan horizontalmente, es neceſario que los Albañiles las bayan retirando para formar el declivio, lo qual dá ocaſion, à que las juntas ſean en el exterior mas grueſas que en el interior: y ſi la Mezcla no es de buena calidad, ſerà neceſario reſanar conrinuamente la Obra, para entretenerla en buen eſtado. La ſegunda razon conſiſte, en que ſi para evitar el in-

inconveniente expresado, se labrase el paramento exterior del Muro, disponiendo sus hiladas perpendiculares al declivio en el espesor de un Ladrillo, y se trabajase lo restante del grueso del mismo Muro con hiladas horizontales; se formarìa un angulo, ò inflexîon en cada tonga de Ladrillo y Mezcla, que impedirìa su buena union y enlace; y por consiguiente la parte exterior del Muro, solo serìa un revestimiento del espesor de un Ladrillo, separado de lo restante de la Fabrica.

SECCION VI.

Del Yeso.

EL Yeso se diferencìa de la Cal, en que por sì mismo, y sin mezclarle Arena, ni ingrediente alguno, fuera del agua, constituye un cuerpo solido, y de bastante tenacidad. Se hace de una clase de Piedra tierna azulada, muy semejante à la que produce la *Terrasa de Holanda.* Esta Piedra, que de ordinario se encuentra à la falda de algun Cerro, se cuece, ò se calcina de la misma forma que la Cal; y despues de haberse enfriado, se reduce à polvo por medio de un Molino. Para emplear el Yeso, se echa cosa de media Hanega en una Cubeta,

donde ſe le miniſtra el agua neceſaria pärâ deſatarlo, revolviendolo bien al miſmo tiempo con un palo, à fin que reſulte una paſta homogenea, y ſe emplea de eſta forma con prontitud; por que ſi ſe retarda, en menos de un quarto de hora ſe endurecerà de modo que ſe harà inutil, y no ſe podrà volver à deshacer, como ſucede con la Cal.

Aunque el Yeſo es muy comun en caſi todas las Provincias, ſin embargo, tengo entendido, que haſta ahora nadie ha enſeñado el modo de diſtinguir y conocer la claſe de Piedra que le produce, ſin equivocarla con la que ſirve para hacer Cal. La Piedra que ſe encuentra cerca de *Collen*, y de la qual ſe hace la *Terraſa de Holanda*, tiene mucha ſimilitud con la de Yeſo; y por lo miſmo me inclino à creer, que entrambas ſon de una propria eſpecie, ò ſe diferencian poco. Eſto miſmo perſuade en algun modo, ver que el Yeſo ſe enjuga, y endurece con la miſma prontitud que la *Terraſa*; y aunque ſe dice que no permanece firme debaxo del agua, con todo, es poſible que mezclado con la Cal en cierta proporcion, ſe conſerve tan ſolido en el agua, como fuera de ella. En eſta duda, ſuſpendo el mantener que la *Terraſa*, y el Yeſo ſean una miſma coſa, haſta que los experimentos lo aclaren, y lo decidan.

El

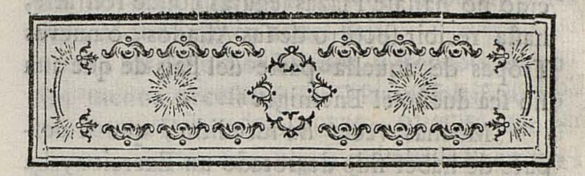
El Yeſo que ſe ſaca de un Monte inmediato à Paris, es el mas exquiſito de los que ſe conducen à Inglaterra, donde ſe emplea con particularidad para hacer Obras, y adornos de relieve, medallas, eſtatuas, y todo genero de modelos para Gabinetes. Tambien ſirve para enlucir los Cielos raſos, y los Muros en lo interior de los Edificios. El Yeſo que produce eſte Pais, es de calidad tan ordinaria y toſca, que ſolo tiene aplicacion en los ſuelos de las Caſas humildes, y de los Almacenes para Trigo.

No hay otro modo de conocer la Piedra de Yeſo, que calcinar un pedazo, y reducirlo à polvo; el qual, ſi diſuelto en el agua no fermenta, y ſe endurece con prontitud, no habrà duda en que darà Yeſo la Piedra: Eſta por lo comun es de un color azulado, pero ſe vuelve muy blanca deſpues de calcinada.

En las Secciones antecedentes hemos procurado explicar las qualidades de los principales Materiales, que ſe emplean en las Obras de fortificacion, con el modo de prepararlos, y darles uſo. Si à eſtas Reglas (que hemos eſtablecido por nueſtras proprias obſervaciones, y las que hemos recojido de otros Autores), añade el Joven Ingeniero las que le dicte ſu experiencia, con la de los Superiores

baxo cuyas ordenes ſirviere, no dudo ſe hallarà en eſtado de juzgar de la buena, ò mala conſtruccion de todas las partes de un Edificio; y por lo miſmo, podrà deſempeñar con acierto, quanto ſobre eſte aſunto ſe ponga à ſu cuydado.





TRATADO
DE FORTIFICACION, ò Arte de conſtruir los Edificios Militares, y Civiles.

PARTE TERCERA.

Contiene el modo de trazar una Fortaleza ſobre el terreno, formar el Calculo, y executar las Obras.

SECCION I.

Se manifieſta la utilidad, y la neceſidad de conſtruir Fortalezas.



LA neceſidad de conſtruir Fortalezas en toda claſe de Eſtados, ſe manifieſta por el innato deſeo de ſu propria conſervacion; pues teniendo ſiempre poderoſos Enemigos qualquiera Eſtado, ſerìa aventurarle todo con la pèrdida de una Batalla ſola, ſi el reſto del Exercito vencido

cido no hallaſe Plazas ſeguras donde retirarſe, haſta recibir ſocorro de ſus Aliados, ò nuevas Tropas de aquella parte del Pais de que aun no ſea dueño el Enemigo.

Muchas veces ha ſucedido, que ſi deſpues de haber ſido derrotado un Exercito, ha recibido oportunos ſocorros en alguna Plaza ſegura; no ſolo ſe ha encontrado en diſpoſicion de defender ſu Patria, ſi no tambien de arrojar de la Campaña al Exercito vencedor con mucha pèrdida. Son repetidos los exemplares que de eſta eſpecie ſe leen, aſi en las Hiſtorias antiguas, como en las modernas; en lugar, que ſi el Enemigo conſigue una Victoria en Pais que no tiene Plazas fortificadas, inmediatamente ſe apodera de todo el Eſtado.

Un Exemplo de eſta naturaleza nos ofrece la Inglaterra miſma; porque ſi hubiera tenido algunas Plazas fuertes, quando la penetrò *Guillelmo el Conquiſtador*, no ſe podia haber perdido por la Victoria que conſiguiò eſte Principe en una ſola Batalla. Si en la ultima Guerra ſe hubiera hallado fortificada la Ciudad de Genova, no la hubieran podido rendir los Auſtriacos al primer aſalto que la dieron; y por conſiguiente no ſe hubieran apoderado de todo el Eſtado, como lo lograron à poca coſta. En una palabra, ſi no fuera por las muchas Fortalezas que hay en Flandes, mucho

tiem-

tiempo hace que los Auſtriacos hubieran perdido el dominio en aquel Pais.

En los pequeños Eſtados, y Republicas, no ſon menos neceſarias las Plazas fortificadas, que en los Dominios de mayor conſideracion; pues nunca les falta algun poderoſo Enemigo que reſiſtir, mientras que ſus Aliados acuden à ſocorrerlos. A eſto ſe replicarà, que las Fortalezas en un Eſtado franco, pueden ſervir de Grillos que le eſclavicen, incitando la ambicion de algun hombre poderoſo, que lo uſurpe con la aſiſtencia de algun Principe vecino: pero como no hay memoria, ni teſtimonio de ſemejantes exemplares; y que al contrario, los Eſtados de Holanda que tienen muchas Plazas, han conſervado ſin embargo de ellas ſu libertad, deſpues que ſe apartaron del dominio Eſpañol; es evidente que eſta objeccion no tiene fundamento alguno.

Las Potencias Marìtimas, y las que eſtàn ſituadas en Islas, como Inglaterra, Cerdeña, Sicilia, &c. neceſitan Fortalezas del miſmo modo que los demàs Eſtados; porque un Enemigo las puede invadir por ſorpreſa, aunque ſea menos poderoſo en fuerzas Navales: pues ſi logra el deſembarco de ſus Tropas, conquiſtarà, ò arruinarà todo el Pais. Fuera de eſto, como la principal ſubſiſtencia de los Isleños eſtà fiada al Comercio, ſe harìa precaria, ò contingente faltandoles alguna Plaza

fuer-

fuerte donde asegurar sus efectos, y mercaderìas; pues de otra suerte se podrian perder antes que llegasen à defenderlos las Tropas del Pais. Otros muchos argumentos serìa facil alegar en prueba de la utilidad de las Plazas fortificadas; pero como todo el mundo està convencido al presente de esta verdad, serìa superfluo añadir mayor cumulo de razones.

SECCION II.

Sobre la situacion de las Plazas.

LA situacion de las Plazas depende principalmente de las razones, que obliguen à su construccion. Por que si han de servir para promover ò proteger el Comercio, importa colocarlas à las margenes de la Mar, Lagos, Rios navegables, ò Canales. Si la idea es defender, y guardar con ellas un paso, ò entrada precisa à lo interior del Reyno; conviene situarlas sobre colinas, ò terrenos elevados, à fin que, no siendo dominadas de mayor altura inmediata, puedan impedir comodamente los designios del Enemigo: y tambien se edifican para defender el Vado, ò Puente de algun Rio caudaloso, que sirve de Barrera, ò Antemural del Estado. Ultimamente, si las Plazas que se han de fortificar, se destinan para asegurar el Estado contra toda invasion; es necesario esta-

ble-

blecerlas de forma que el Enemigo ſe vea en la precision de atacarlas antes de penetrar en el Pais: pues en el caſo, que las dexe à la eſpalda, ſervirán para cortarles la comucacion con ſu propria Patria; y por eſte medio ſe haràn dificiles, è inciertos los ſocorros de Tropas, Viveres, y Municiones que les dirijan, forzandoles à que ò las ſitie, ò abandone la empreſa.

En las Islas ſe prefieren por mejores ſituaciones, las que convengan ſobre las miſmas Coſtas, principalmente en los parages por donde el Enemigo pueda con facilidad lograr un deſembarco; pero cuydando al miſmo tiempo, que las Fortalezas que ſe conſtruyan, tengan comunicacion ſegura con alguna Ciudad interior, que las ſocorra con todo lo neceſario para defenderſe en caſo que ſe hallen atacadas. Si hubiere algun grande Rio que deſagüe en la Mar, y por donde los Baxeles ſe puedan introducir en el Pais; ſerà muy proveChoſo edificar en ſus inmediaciones una, ò mas Fortalezas, eſpecialmente en los parages, de donde con ſu Artillerìa impidan el paſo à los Baxeles, haciendo temible aun ſus inmediaciones àcia aquella parte.

En una Isla de corta extenſion, cuya Coſta en la mayor parte ſea de facil acceſo, y por conſeqüencia impoſible el fortificarla toda; la ſituacion mas ventajoſa para una Fortaleza, eſ-

tà en el Centro de la propria Islá, ſobre algun Terreno elevado; por que deſde ella ſe pueden enviar mejor las Tropas à qualeſquiera partes, en que convenga oponerſe à un deſembarco del Enemigo. Pero eſta Fortaleza debe tener proporcionada extenſion y capacidad, para que los Habitadores de la Isla ſe puedan retirar à ella con ſus ganados, y efectos de mas valor, ſiempre que los eſtreche la neceſidad; por que de eſta forma ayudaràn, y contribuiràn todos à defender la Plaza, haſta que el Enemigo ſe vea obligado à levantar el Sitio, y retirarſe, ò por falta de proviſiones, ò por perder la eſperanza de apoderarſe de la Fortaleza.

Quando la Isla es de conſiderable extenſion, no baſtan las Fortalezas que ſe conſtruyen para reſiſtir, y oponerſe à los deſembarcos: Es neceſario edificar algunas en los paſos preciſos, para impedir al Enemigo que ſe interne, en el caſo que, contrareſtando los Fuertes de la Coſta, haya logrado deſembarcar en ella; ò à lo menos para detenerle, dando tiempo al Pais, para que levante y junte nuevas Tropas, que acudan à la defenſa.

En los pequeños Eſtados, ſituados en Pais abierto, que no pueden ſobrellevar los gaſtos que ocaſiona la conſtruccion de muchas Plazas, ò bien que no pueden entretenerlas con ſuficiente Guarnicion, y demàs coſas neceſarias para la defenſa; como aſimiſmo, los que de-

pen-



penden enteramente de la proteccion de ſus Aliados; lo mejor es, en todos tres caſos, fortificar la Capital, la qual, ſiendo eſpacioſa, puede ſervir de retiro à los Habitadores con ſus riquezas, y ganados, en tiempo de peligro, haſta que reciban ſocorros de ſus Aliados.

Quando ſe haya de conſtruìr una Fortaleza cerca de la Mar, Rio, ò Lago, importa exâminar atentamente, ſi ſe debe ſituàr à la miſma margen del agua, ò apartada de èlla, para que ſus Obras no puedan ſer batidas por los Baxeles: ſi el Enemigo puede deſembarcar con facilidad por algun parage inmediato, para atacarla por Tierra; y ſi las Embarcaciones ſe pueden acercar al Muro, ò ſi lo impide la poca profundidad del agua. Si eſta permite à los Baxeles el llegar haſta las Obras, ſerà neceſario elevar los Parapetos, y quanto pueda verſe deſde los bordes de las Embarcaciones, ſirviendoſe de Sacos de tierra, Zarzos, ù otra coſa equivalente, para que con eſte reparo queden las Tropas à cubierto.

Los Fuertes conſtruìdos à la miſma lengua del agua, que tiene baſtante profundidad, eſtàn expueſtos à que les deſtruyan con prontitud los Baxeles, por la ſuperioridad de ſus fuegos: pero quando el agua es tan baxa, que no pueden acercarſe los Baxeles para batir en brecha à las Fortificaciones, es neceſario atender, que el Enemigo no pueda deſembar-

car en ſus Lanchas, y Botes, para aſaltarlas por Tierra. A eſte fin ſe conſtruyen Reductos, ò Baterìas que defiendan de flanco, y de frente la aproxîmacion à la Plaza; y ſi el Enemigo pudiere deſembarcar fuera del alcance del Cañon, ſerà preciſo circuìr eſtos Reductos, ò Baterìas con un Muro, y un buen Foſo, para evitar que les ſorprendan por la eſpalda, ò Gola. Eſto ès lo que ſucediò en *Cabo Britton*, donde la Baterìa, que defendìa de frente la entrada del Puerto, fuè ſorprendida: y dirigiendo ſus fuegos los Enemigos contra la Plaza, ſe viò eſta preciſada à rendirſe: lo qual no hubiera ſucedido, ſi la Baterìa hubiera eſtado con las precauciones mencionadas.

En las Plazas Marìtimas, importa que alguna parte de las Fortificaciones domine al Puerto, ſiempre que ſea poſible; porque ſin embargo de los Reductos, y Baterìas que ſe conſtruyan para defender ſu entrada; ſi el Enemigo halla modo para deſtruir alguna, y paſa ſin detenerſe por las demàs; quedarà abierta la entrada del Puerto, para que ſin mayor obſtaculo ſe introduzcan los Baxeles: A que ſe agrega, que como eſtas defenſas ordinariamente eſtàn apartadas del cuerpo de la Plaza, ſiempre ſe rinden, ò por eſtratagema, ò por fuerza: Pero dominando alguna parte de la Plaza al Puerto, nunca eſtaràn ſeguros en èl los Baxeles, haſta rendirla, que es lo peor que puede ſuceder.

ſin

Sin embargo, no quiero decir con esto, que se mire con poco aprecio el canal, ò entrada de un Puerto; pues siempre que haya una punta de tierra que la domine, importa ocuparla, y asegurarla con alguna Obra: y como en estos parages ordinariamente se encuentran pequeñas Isletas de Roca, que fortificadas con propriedad son muy ventajosas para defender la misma entrada; nada conduce tanto à la seguridad de una Plaza situada al margen de la Mar, ò Rio navegable, como estas Obras, que obligan à las Flotas Enemigas à mantenerse distantes, impidiendoles el uso de su fuerza principal. Y aunque en este caso hiciesen un desembarco con algunos Cañones, en parage apartado; siempre se podràn rechazar facilmente por la Guarnicion de la Plaza. Estas clases de situaciones son las de mayor utilidad à una Nacion Comerciante, y por lo mismo nos hemos detenido mas en explicar el mejor modo posible de asegurarlas.

Quando sea preciso reedificar una Fortaleza antigua, no debe el Ingeniero fiarse nimiamente de la habilidad del que la dirigiò: Es necesario, que exâmine atentamente si hay alguna situacion mas ventajosa en las inmediaciones: Si las Obras exîstentes estàn, ò no adaptadas con discrecion, y propriedad à la naturaleza del Terreno: Si se lograrà algun ahorro construyendola sobre los antiguos Cimien-

mientos: Si es demasiado grande, ò pequeña: Si arreglandose en parte al Proyecto antiguo, y variando lo demàs, serìa mas acertado, que seguirle en el todo; ò bien si eligiendo otra situacion, resultarìa mas costosa la Obra, respecto de las ventajas, que ofrezca en lo executado el antiguo Proyecto. En una palabra, es necesario que el Ingeniero exâmine, reconozca, y medite con seriedad hasta las circunstancias mas menudas; à fin que pueda formar una justa idea de la situacion, de la figura de las Obras, y de las consequencias que prometan, antes de resolver las que se deban executar.

Un Ingeniero que estè persuadido de la confianza que en èl se deposita, y que conozca las obligaciones pertenecientes à su empleo; no puede dexar de conducirse en los Proyectos, y consultas que haga, con toda la prudencia, discernimiento, y juìcio que corresponde al buen desempeño de los asuntos, que manege; pues en todos debe tener presente, que es responsable de los defectos, y gastos inutiles que resulten por su negligencia, ò falta de instruccion. En este supuesto es indispensable, que en las Personas que soliciten su ingreso en el Cuerpo de Ingenieros, no brillen menos sus talentos, y buena conducta, que la inteligencia en la theorica, y pràctica de su Facultad.

Asi



Asi en las Artes, como en las Ciencias, es necesario que estè instruìdo el Ingeniero mas de lo que ordinariamente se considera. No basta que sepa delinear un Plano, cortar un Perfil, y representar una Campaña; que entienda algunas proposiciones de Geometìa, y el metodo que se sigue en la construccion de alguna Obra determinada: Importa que estè instruído à fondo de todas las partes mas principales de la Guerra, y de las Mathematicas, con la util aplicacion de estas à la Pràctica, à la Philosophia natural, y à la Arquitectura: asimismo, debe tener un perfecto conocimiento de las varias especies de Obras, que conciernen à su Ministerio, y sobre todas cosas, ha de ser muy versado en Hidraulica, y Maquinaria (11). La

(11) La principal instruccion à que debe aspirar todo Ingeniero, consiste en el Arte de la Guerra, por ser el punto en que mas le empeña su obligacion; è interesa el honor proprio con el de las Armas del Soberano; por que tanto en el modo de fortificar las Plazas, como en el de defenderlas, y atacarlas, siempre han tenido à su cuydado, ò la conducta, ò el dictamen de la execucion, y operaciones Militares. Don Diego Henriquez de Villegas, en su Obra intitulada *Levas de la Gente de Guerra*, hablando de las circunstancias, y atenciones que deben tener los Ingenieros, dice asi (*a*): „ El „ Ingeniero, su mismo nombre està insinuando las par- „ tes de que necesita. Empleo es verdaderamente de „ Prin-

(*a*) *Lev. de la Gen. de Gue.* cap. 6.

La variedad casi infinita en las circunstancias, y naturaleza del Terreno, hace imposible la explicacion de todas las situaciones, que en los casos particulares convenga dàr à las Fortalezas: y por lo proprio es necesario el mayor discernimiento, y habilidad, para esta-

„ Principes por las Artes, y Ciencias, que debe tener, y „ en que debe ser muy practico, y noticioso, como son las „ Mathematicas, Philosophia, Licion, y noticia de las „ Historias; de grande discurso, entendimiento, ingenio, „ è inventiva; por que de su voto pende la eleccion del „ Sitio, la figura, la materia, la construccion de una „ Plaza..... Sitiando, dispondrà en los Aproches las „ Trincheras, que no sean desembocadas, su altura, an- „ cho, y profundo del Foso; dispondrà las Galerias, „ picar la Muralla, hacer Minas, y Hornillos.... Ha- „ llandose en la Plaza sitiada, debe atender à la defen- „ sa, haciendo diferentes Fortificaciones interiores, asi „ para ofender al Enemigo en la Campaña, como si se „ alojare en el Foso, ò tubiere hecho pie en algun Ba- „ luarte, ò en otra parte de la Plaza; valiendose de to- „ dos los medios que puede dàr el Arte para que sea „ ofendido, y se conserve la Plaza lo mas que ser pue- „ da. „

Para afianzar pues el acierto en asuntos de tanta gravedad como se ofrecen en la Guerra, y en los quales se interesan el bien de la Monarchîa, el credito de sus Armas, y la publica quietud; es indispensable que el Ingeniero sepa à fondo las partes mas esenciales de las Mathematicas en general; pues sin el auxîlio que esta Ciencia subministra, serà imposible que con la pràctica sola, se desempeñen todas las importancias de esta natura-

tablecerlas de forma que correſpondan bien à todos los fines de ſus edificaciones: Y como à la execucion, y manutencion de las Plazas, ſe ſiguen conſiderables gaſtos; ſon gravoſas al Eſtado, quando no ſatisfacen al propueſto intento. Con eſta atencion debe un Ingeniero reflexîonar ſeriamente lo que ha de hacer, antes de dàr principio à ſemejantes empreſas. Soy de

turaleza. Al miſmo intento perſuade *Mr. Maigret*, la preciſion de que el Ingeniero continùe un eſtudio ſerio y conſtante, para llegar à poſeer el Arte Militar con la perfeccion que le compete; añadiendo, que como para eſtos empleos ſe requieren Sugetos dotados de las buenas qualidades de talentos, ciencia, y aplicacion; no podrà entretener eſta, ſi la indigencia le diſtrae de ella por la una parte, y de la otra le priva de proveerſe de los Libros, è Inſtrumentos conducentes à ſu inſtruccion (*a*).

Todas eſtas circunſtancias las explica, y recomienda con diſcrecion, y brevedad el Conde de Rebolledo (*b*) tratando de la diſciplina Militar en los ſiguientes Verſos.

Formar, y deshacer los Batallones,
Perfeccionar los Fuertes,
Saberlos expugnar, y defenderlos;
A cuyo intento fuera conveniente
Haber en cada Tercio
Ingeniero con ſueldo competente,
Cuyo trabajo fueſe mas premiado
Pues es tan practicado:
Y Siglos ha que Corbulon juzgaba,
Que lo que mas victorias alcanzaba.

(*a*) *Traité de la Sureté des Etats.* pag. 381.
(*b*) *Selva Militar, y Politica.* fol. 59.

dictamen, que para determinar la ſituacion y proyecto de una Plaza, ſerìa muy conveniente al acierto de tan importante aſunto, que cinco, ò ſeis Sugetos de la mas acreditada habilidad y experiencia, paſaſen à reconocer y exâminar el Terreno, conferenciando y acordando ſobre èl, aſi la ſituacion que deba darſe à la Plaza, como el proyecto de ſu fortificacion.

SECCION III.

Obſervaciones ſobre la ſituacion de las Plazas.

EN la Seccion antecedente hemos tratado de la ſituacion de las Plazas en general: ahora hablarèmos de las circunſtancias particulares, que neceſariamente ſe deben obſervar, y exâminar antes de eſtablecer el Proyecto, y execucion de una Fortaleza.

Se ha de reconocer primeramente, ſi el áire del parage donde ſe intenta edificar la Fortaleza, es ſaludable; por que ſerìa perjudicial al Eſtado, el conſtruirla ſin la ſeguridad de que ſus Moradores permaneceràn en ella con robuſtez, no ſolo para evitar freqüentes ſuplementos de gente que la ocupe; ſino tambien, para no exponer la ſuerte de la Plaza en tiempo de Sitio, à la debil defenſa de una

Tro-



Tropa enfermiza, que no pudiendo resistir la fatiga de la Guerra, se vea en la necesidad de rendirse.

La buena ò mala calidad del áire, se infiere facilmente por el color, y robustez de los que vivan en aquel parage; y en su defecto se puede consultar à la naturaleza del mismo Terreno; porque si està circuìdo de algunos Pantanos, ò aguas estancadas, no hay duda que serà mal sano; pero si la situacion que ha de tener la Plaza, fuere sobre un suelo enxuto, que produce abundancia de Arboles y Yerbas; y que al mismo tiempo entretiene muchos Paxaros, y Animales, serà cierto que la situacion es saludable y fructifera.

Lo segundo à que se debe atender cuydadosamente, es si habrà suficiente cantidad de agua buena para el uso de las Gentes, y de las Caballerìas; por que sin esta prevencion no se debe fortificar Plaza alguna, à menos que su defecto sea suplido con manantiales inmediatos, que por medio de Aqüeductos ò Cañerìas, puedan abastecer de agua constantemente à la Fortaleza. Pero estas Cañerìas se han de disponer de modo, que el Enemigo no las pueda cortar en tiempo de Guerra; pues de otra forma serìa imposible defender la Plaza por mucho tiempo (12).

Ee 2 Es

(12) La imposibilidad de asegurar en tiempo de Sitio

Es de notar, que todas las aguas dulces no ſon igualmente ſaludables; pues ha moſtrado la experiencia, que ſe encuentran algunas muy claras y de buen guſto, que bebiendolas à paſto ſuelen ocaſionar particulares dolencias, y enfermedades. Ademàs, aſi como hay algunas aguas medicinales, tambien puede haber otras de contrarias virtudes y qualidades. Se atribuye muchas veces al áire la cauſa de las enfermedades, quando por lo comun es el agua de algun Pantano, el origen de la epidemia. Muchos ſon de opinion, que las aguas mas ligeras ſon las mejores para beber: pero *Mr. Cotes*, en ſus Lecturas Hydroſtaticas, ha comparàdo los peſos de las diferentes aguas que pudo obtener, entre quienes ſe incluyeron las del Rio Ganges que ſe conſideran las mejores del Mundo, y no pudo deſcubrir alguna

---

tio las Cañerias que lleban las aguas à las Fortalezas, ha obligado à conſtruir Ciſternas à prueba de Bomba, que ſiempre ſe conſervan llenas de buen agua, por medio de un Conducto que ſale del Arca ò Depoſito principal; y à ſin de poderla renovar ſiempre que convenga, ſe practica una Atarxea ò Canal, que comunicandoſe por el fondo del Algive, facilita ſe difundan ſus aguas à algun parage mas baxo. En eſta forma ſe han conſtruido Ciſter- muy provechoſas en la Plaza de San Fernando, capaces de contener agua para el conſumo de muchos meſes; cuya diſpoſicion aſegura, que no ſe eſcaſearà jamàs à la Guarnicion, aunque ſobrevenga el accidente de cortar la Cañerìa.

nä ſenſible diferencia entre ſus gravedades eſpecificas. Por eſte experimento parece, que la bondad del agua, no viene de ſu mayor ligereza, ſino de alguna qualidad que adquiere en el Terreno por donde paſa, y que la viſta, ni el guſto no la pueden diſtinguir.

Otros con mas fundamento aconſejan, que para conocer la qualidad del agua, ſe ha de poner à herbir en una vaſija; que deſpues ſe aparte, dexandola repoſar haſta que eſtè fria; y que ſiempre que en eſta decoccion no depoſite algunas heces, ò cedimentos, ſerà ſeñal que el agua ſe puede uſar ſin rezelo de que ocaſione daño à la ſalud. Pero ſi eſte miſmo experimento ſe repite muchas veces en una propria vaſija, ſe diſtinguirà mejor ſi produce algun cedimento; pues tal vez en las primeras operaciones no ſe harà ſenſible, quando en las ultimas ſerà de conſideracion.

En Irlanda hay una Fuente de agua muy clara y de buen guſto, que nace de cierta Roca, y es de tan eſtraña qualidad, que en poco tiempo petrifica quanto cae en ella: Veaſe que ſaludable puede ſer eſta claſe de agua ni para las Gentes, ni para el Ganado mas robuſto.

Las principales qualidades que afectan al agua, parece que las miniſtra la naturaleza del Terreno por donde corre; por que generalmente ſe obſerva, que la que n ace en las Rocas ò Suelos areniſcos, es muy clara y freſca:

ca: la que ſe produce en Tierra gredoſa, es de color de leche, y dulce en el ſabor; y la que ſale de algun Pantano, es ſalobre ò de mal guſto, y por lo miſmo es la peor de todas.

Si los Habitadores inmediatos al parage donde conviene edificar la Fortaleza, eſtàn ſugetos à alguna claſe de enfermedad que no ſe padezca en otras partes, no habrà duda en que el áire, ò el agua ſon mal ſanos. Con facilidad ſe puede conocer, ſi el áire de la Comarca es ò no dañoſo à la ſalud; por que ſi exâminando el Terreno ſe hallaſe alguna agua embalſada, no hay que atribuir el mal temperamento à otra cauſa. La razon es eſta: el ardor del Sol hace elevar en vapores el agua repreſada, y corrompida del Pantano; y como el frio de la noche condenſa, y hace precipitar eſtos miſmos vapores, ſe ſigue que inficionan al áire haſta hacerle nocivo al que lo reſpira. Todo lo contrario ſucede quando no hay aguas detenidas en el contorno de la Plaza; por que reſpirando los Habitadores un áire puro, y ſin mezcla de corpuſculos mal ſanos, lograràn la mayor robuſtez, y buena ſalud. Se aſegura que en donde el áire es de malas qualidades, ſe hallan los bofes de los Animales, y Aves llenos de manchas; lo qual no es de admirar, ſi ſe atiende à que el pulmon es la oficina donde ſe exercita la reſpiracion.

Lo



Lo tercero que neceſariamente ſe debe exâminar, es ſi en las cercanìas ſe encuentra con abundancia Leña, Carbon, ù otra materia para el fuego; ò bien ſi ſe pueden conducir eſtos utenſilios à la Plaza, por agua ò tierra, y à comodos precios: Eſte punto es muy importante en todas partes, y eſpecialmente en los climas ſeptentrionales. Ademàs de la utilidad, que ſe ſaca de la Leña para cocer el Pan, y los alimentos, es muy provechoſa para varios uſos de la Fortificacion.

Por ultimo, ſe deben tener preſentes todas las coſas neceſarias para la ſubſiſtencia, y comodidad de la Guarnicion, antes de emprender la conſtruccion de una Fortaleza; por que los gaſtos que ocaſionan eſtas Obras, ſiempre ſon exceſivos, y por lo miſmo es preciſo reflexîonar, y exâminar con mucho cuydado y tiento, haſta las mas menudas circunſtancias.

En quarto lugar importa reconocer, ſi en las inmediaciones de la Plaza ſe hallan los Materiales neceſarios para ſu conſtruccion, como Piedra, Ladrillo, Cal, Arena, Madera, &c.; ò bien ſi los hay à tales diſtancias, que ſu conduccion, ſolo ocaſione un moderado gaſto, exâminando ſi tal vez ſe pueden tener algunos en el contorno de la Obra, y los demàs acarreados por agua: por que ſi la mayor parte ſe hubiere de tranſportar por tierra deſde una larga diſtancia, ſerà tan exceſivo eſte coſ-

to,

to, que ſolo la mayor importancia de la Fortaleza harìa eſcuſable ſu execucion.

Si la Plaza ſe hubiere de conſtruir à la orilla de la Mar ò de un Rio navegable, conviene exâminar atentamente la ſituacion que ſe ha de dàr à las Fortificaciones, aſi para que el Puerto reſulte bien defendido, como para que los Baxeles puedan acercarſe al Muelle, y ſe facilite el embarco, y deſembarco de los efectos.

En las Fortalezas que ſe conſtruyen para promover, y proteger el Comercio, tambien ſe debe tener preſente la claſe de efectos, y mercaderìas que ſe encuentran en la Plaza, ò en ſus inmediaciones, como aſimiſmo los que ſe puedan tranſportar à los Paiſes Eſtrangeros por agua, y quales ſe podràn conducir à la Plaza en cambio de ſus manufacturas; atendiendo igualmente, à que Ferias, ò Mercados ſe pueden llevar para ſu venta.

Puede ſuceder que importe fortificar algun parage de poco trafico, como alguna Isla, ſin embargo que no haya frutos ni generos que ſacar de èlla. Pongo por exemplo: Si el Puerto es bueno para que en un temporal ſe guarezcan en èl Navìos, y Embarcaciones de toda eſpecie: Si la Plaza es à propoſito para Almacenes de generos Europeos, que deſde ellos ſe puedan conducir por Mar à otras partes de Mercado; y ultimamente, ſi ofrece comodidad pa-

para que los Baxeles hagan aguada, y falta en las cercanìas la mifma proporcion, como fucede en *Santa Helena.* En todas eftas fituaciones fe pueden edificar Fortalezas, que feràn muy ventajofas al Eftado (13).

Muchas fon las fituaciones que pueden darfe en lo interior de un Reyno, en donde fe

---

(13) Ademàs de las fituaciones que el Autor infinua para las Plazas de Guerra, hay otras que interefan mucho al Eftado el ocuparlas con buenas Fortalezas. De efta clafe fon las que pueden fervir de llave para abrir pafo à alguna nueva conquifta; las que fon adequadas para mantener apartado al Enemigo; y finalmente las que conducen para el dominio de algunos Mares, refguardo de las Coftas proprias, y fujecion de las agenas. Eftas ventajas logra Efpaña con los cinco Prefidios de Oràn, Melilla, Alhuzemas, Peñon de Velez, y Ceuta, que pofee S. M. fobre la Cofta de Africa, como fe manifiefta con energìa, y fe prueba eficazmente en un informe, que fobre la utilidad de las mifmas Plazas dieron los Brigadieres Don Pedro de Lucuze, y Don Pedro Martin Zermeño, y fe pafó à S. M. en el año de 1765; en el qual, entre otras Autoridades de mucho pefo, facadas de la experiencia, y de las mejores màxîmas Politicas y Militares, fe apoyan las ventajas, que proporcionan los Prefidios à la Monarchìa, con eftas palabras de *Juan Botero* en fus diez Libros de la Razon de Eftado: *Y fi no folamente eftubieren lexos de nofotros* (hablando de la fituacion de las Plazas), *fino en tierra del Enemigo, daràn mayor feguridad, como Oràn, Melilla, el Peñon de Velez, Ceuta, Tanger, Mazagan, y Arcilla, Plazas del Rey Católico en Africa refpecto à Efpaña.*

podrìan conſtruir grandes Plazas fortificadas, que ſerìan muy provechoſas, ſin embargo que no las hemos indicado. Y para no detenernos en la enumeracion de las muchas circunſtancias de que depende ſu utilidad, ſolo obſervarèmos en general, que nunca ſe deben conſtruìr grandes Plazas, ſi no à los margenes de Rios navegables, que ſirvan para la comodidad del Comercio, ò de fuerte Antemural al Eſtado, ò bien para defender un paſo que permita al Enemigo internarſe en el Pais: pues en donde no concurran eſtas circunſtancias, podrà dexarlas à la eſpalda el Enemigo ſin que le embarazen para adelantar ſus progreſos.

Se debe evitar con el mayor cuydado, todas las alturas que dominen à qualquiera de las Obras, como tambien los Caminos hondos, por donde el Enemigo podrìa acercarſe ſin ſer viſto; y en general las inmediaciones de las Plazas haſta la diſtancia de una milla, es neceſario nivelarlas, y arraſarlas de Arboles, y de quanto pueda favorecer la aproxîmacion cubierta al Enemigo.



SEC-



SECCION IV.

Modo de formar el Plano, y Proyecto de una Fortaleza.

QUando el Soberano resuelva la construccion de una Fortaleza, es necesario que un Ingeniero pase à exâminar el Terreno donde se ha de establecer, levantando su correspondiente Plano con especial cuydado y exâctitud, dandole proporcionada escála para que comprehenda à lo menos hasta el alcance del Cañon sobre las Obras mas abanzadas; junto con varios Perfiles, que expresen bien las desigualdades, y naturaleza del Terreno. Asimismo, si hubiese en las inmediaciones de la Plaza algun Rio, Mar, ò Lago, no solo se ha de marcar la extension, y margenes del agua en todo lo que diga relacion al Mapa; sino tambien se ha de señalar el sondèo, ò medicion de sus profundidades, à fin que se pueda hacer concepto de la clase de Embarcaciones que admitirà. Igualmente se ha de señalar con claridad y primor, asi los Montes ò Terrenos elevados que se encuentren, como las Cercas ò Vallados, y Caminos hondos que se comprehendan en aquel espacio; notando entrambas circunstancias en el Plano, y

los Perfiles, para que la irregularidad del Terreno ſea diſtintamente repreſentada.

A eſtos papeles debe añadir el Ingeniero una Relacion, en que ſe explique puntualmente la naturaleza y diſpoſicion del Terreno, diſtinguiendo, ſi es de Roca, Montuoſo, Pantanoſo, ò Llano: Si ſe encuentra algun Rio, ò ſi hay algun Lago, que uno, ù otro pueda ſer util para la navegacion, ò para hacer mas fuerte la Plaza: Si el Terreno ſobre quien ſe ha de edificar es ſolido y firme, ò floxo y de mala conſiſtencia: Si ſe halla à la mano buen raudal de agua, ya ſea de Rio, ò de manantial para el uſo de la Guarnicion; y ſi hay baſtante Leña, Carbon, ù otra materia para entretener el fuego.

Tambien ſe ha de indibidualizar en eſta Relacion, ſi ſe encuentra en las inmediaciones, ò à que diſtancias, las claſes de Materiales que hayan de ſervir para la conſtruccion, y ſi ſe han de conducir por tierra, ò por agua; expreſando al miſmo tiempo ſu naturaleza, qualidades, y precios, con el jornal regular que ſe deba abonar à cada claſe de Obreros. Se explicarà tambien, ſi la Fabrica ſe ha de hacer de Piedra, ò de Ladrillo, notando los parages en que ſiten las Cantèras, ò los Terrenos de donde ſe pueda ſacar buena Greda para formar los Ladrillos: Si hay baſtante

ma-

mäteria para cocer unos y otros Hornos: Si ſe ofrece proporcion para llevar Arena à la Obra, à moderado coſto; y por ultimo, es neceſario que en eſta Relacion ſe expreſen todas las coſas neceſarias, tanto para la conſtruccion, como para la manutencion de la Plaza.

Eſta Relacion, junta con el Plano y Perfiles del Terreno, la preſentarà el Ingeniero al Gefe de quien haya recibido la comiſion; el qual nombrarà otros tres, ò quatro Ingenieros de los mas habiles, para que vuelvan à exâminar, y reconocer el Terreno, confrontando con èl, y ſus particularidades, aſi los Planos, como la Relacion, corrigiendo lo que no hallen bien repreſentado y explicado: y quando todos eſtèn perfectamente inſtruìdos, formaràn de comun acuerdo el Plano de las Fortificaciones, con arreglo à las Inſtrucciones que ſe les haya dado, y à la importancia de la Plaza.

Deſpues que todos eſtèn convenido en un dictamen, deberàn formar un nuevo Plano, y ſus correſpondientes Perfiles ſobre eſcalas ſenſibles, para que ſe manifieſten, y perciban con claridad todas las circunſtancias del Proyecto; el qual, con otra Relacion ò memoria, expreſiva de las razones en que ſe funden para las Obras, y extenſion que ſeñalen à la Plaza, ſe ha de dirigir por la miſma via del Gefe ò Superior que correſponda, al Miniſterio de la Guerra, para que lo conſulte al Soberano.

Pe-

Pero en caſo, que los Ingenieros no ſe convengan en todas las circunſtancias del Proyecto, ſerà muy à propoſito, que cada uno forme el ſuyo ſeparadamente, con Planos y Relaciones en que manifieſten las razones que apoyen ſu dictamen, à fin que ſe pueda decidir con acierto, el que ſea mas preferible. Todo eſto ſe debe hacer con la mayor ſinceridad, y ſin algun particular fin de interes, ò preferencia, reſpecto à la capacidad, talentos, ù otra coſa que ſe aparte de los verdaderos intereſes del Eſtado.

En el Proyecto de una Fortaleza, ſe ha de atender muy particularmente à las tres conſideraciones ſiguientes.

1. *Al coſto que ocaſione ſu conſtruccion.* Por que ſiendo generalmente exceſivo el de eſta claſe de Obras; aumentandolo ſin neceſidad, ò no requiriendolo la importancia de la Plaza, en lugar de ſer ventajoſa, reſultarà perjudicial al Eſtado.

2 *Al numero de Tropas, Artillerìa, y Municiones, correſpondiente à guarnecerla en la Paz, y defenderla en la Guerra.* Por que ſi el importe de ſu manutencion fueſe igual, ò excediese al beneficio que de ella reſulte, es cierto que lexos de ſer util, ſerìa gravoſa ſu execucion.

3. *A la extenſion ò capacidad de la Plaza, reſpecto al eſpacio que ocupan las Obras de forti-*

fi-



ficacion. Por que si ocurriese (como lo acreditan varios exemplares), que no pueda contener la Villa, además de sus Moradores, un competente numero de Tropas para defenderla; es evidente que se rendirà con mas facilidad, que otra guarnecida con el mismo numero de Tropas, pero de menos Obras; pues estas en uno, y otro caso, podrìan hacer una vigorosa defensa, y por lo proprio, se deben escusar todas las Obras superfluas, que solo conducen à aumentar mucho gasto sin necesidad.

Otras muchas circunstancias se deben tener presentes, para establecer con ventaja el Proyecto de una Fortaleza. Las principales son estas: Que todas las Obras deben ser vistas, y flanqueadas las unas de las otras, para que se defiendan mutuamente del mejor modo posible: Que la comunicacion del Cuerpo de la Plaza à las Obras exteriores, y la de estas entre sì, sea facil y segura: Que las Obras se adeqüen con propriedad à la naturaleza del Terreno: Que si este fuere baxo, se deberàn construir Tenazones, Lunetas, ò segundo Foso, y Camino cubierto: Que si hubiere algunos Caminos hondos que se dirijan àcia la Plaza, serà conveniente disponer algunas Obras que los descubran y flanqueen: Que si hubiese algunos Montes, ò Terrenos elevados que dominen parte de las Obras, importarà ocupar estos puestos con pequeños Fuertes ò Reductos, ase-

gu-

gurando ſu comunicacion con la Plaza, y evitando con Trabeſes, el que nada reſulte enfilado. Si la Fortaleza fuere extendida y de grande conſeqüencia, ſerà muy conducente el conſtruir Obras Coronadas, ù Hornabeques, para aſegurar las Puertas de la Villa, ò para defender algun pueſto, que ſe intereſaſe el Enemigo en ocuparlo. Por ultimo, es preciſo que el Ingeniero evite la execucion de toda Obra que manifieſtamente no ſea neceſaria, y que ſolo proponga las que ſin contradicion alguna, ofrezcan ventajas, aſi para ſu defenſa, como en el moderado gaſto para ſu conſtruccion y manutencion.

Quando ſe ha de fortificar una Plaza antigua, que tiene algunas Obras, ſe debe inſtruir el Ingeniero en las razones que empeñaron à ſu execucion; y enterado de ellas, es neceſario que exâmine, ſi correſponden bien al intento las miſmas Obras; ò bien que alteracion ſe podrà hacer en ellas, para que aprovechandolas en parte, quando no ſea poſible en el todo, ſatisfagan mejor à la propueſta idea: Llevando eſpecial cuydado en no demoler jamàs ſin abſoluta preciſion Edificio alguno que ſe haya de remplazar con otro, à fin de hacer menor el coſto de la Obra.

Las ſituaciones à quienes la miſma naturaleza las hace en parte inacceſibles con Eſcarpados, Precipios, Rocas, ò Aguas, ſon muy



muy provechoſas; por que ademàs de poderſe fortificar lo reſtante à menos coſto, ſolo hay neceſidad de una corta Guarnicion para defender la Plaza. Quando eſta ſe ha de edificar ſobre Roca, conviene conſtruir con ella las Obras, en quanto lo permitan las circunſtancias del Terreno, deſmontando las alturas, y terraplenando los hoyos y profundidades; por que con eſta diſpoſicion ſe lograrà mucho ahorro: pero es preciſo atender, à que todas las Obras deben quedar caſi ſobre un miſmo nivel, y que las interiores han de elevarſe proporcionadamente ſobre las exteriores.

Para eſtablecer el Plano de una Fortaleza, es neceſario determinar el Perfil que deba darſe à ſus Muros, ya ſean reveſtidos de mampoſterìa en toda ſu altura, ò ya en parte, ſeñalando al miſmo tiempo, en quanto deben exceder los del Cuerpo de la Plaza à los de las Obras exteriores. En eſte punto diſcordan mucho los Autores de Fortificacion. *Mr. Vauban* hace el Parapeto de la Plaza 6, ò 8 pies mas elevado que el de los Rebellines, y eſtos 6 pies mas altos que la creſta del Camino cubierto. *Mr. Coehorn*, ſigue lo miſmo à corta diferencia, pero hace el Foſo principal menos ancho y mas profundo. Eſte Ingeniero cubre de modo el Muro principal, que no puede ſer batido, ſino haſta 3 pies debaxo del horizonte:

acerca entre sì las Obras, y acorta ſus defenſas. Es cierto que el Foſo ancho deſcubre el Muro haſta el Cimiento; pero quando es ſeco, ſe pueden conſtruir en èl algunas Obras que hagan buena defenſa, y ſerà facil diſputar, y aun obſtruir à los Enemigos el paſo del miſmo Foſo. Yo ſoy de dictamen, que una anchura media es preferible para los Foſos, à los quales ſolo daria 32 varas en el Angulo flanqueado, quando el Lado exterior del Poligono fuera de 360 varas; y baxo eſta proporcion, arreglarìa ſiempre el ancho que correſponda à los Foſos en los Poligonos de mayor Lado exterior.

Las razones en que ſe apoya el dictamen de elevar los Parapetos, y Terraplenes ſon: que cubren mejor las Caſas, y otros Edificios, y que deſde todas las Obras de un miſmo frente, ſe puede incomodar y batir al Enemigo, ſin que lo eſtorben, ni ſe maltraten las Obras exteriores. A eſto ſe reſponde, que quando las Obras ſe elevan gradualmente las unas ſobre las otras, quedan expueſtas à que el Enemigo las arruìne todas à un tiempo, deshaciendoles ſus defenſas aun con las primeras Baterìas que eſtablezca; y por lo proprio logrará la ventaja de adelantar ſus aproches, ſin rezelar otro daño que el de las Armas cortas. Fuera de eſto, levantando demaſiado los Terraplenes de la Plaza, neceſariamente ſe ha de aumentar

tar



tär mucho gasto; cuyo inconveniente debe evitarse, siempre que sea posible, en toda clase de Obra que de suyo sea muy cóstosa.

Pero si se hacen todas las Obras de casi una misma altura, no podrà el Enemigo desmontar la Artillerìa de las interiores, hasta haberse apoderado de las exteriores, à menos que lo consiguiese por medio de las Bombas; lo qual es tan casual, y dificil, que se puede regular la contingencia de muy poca consideracion.

Otra ventaja economica resulta de este metodo, y es, que disminuyendose por èl la altura del Cuerpo de la Plaza, tambien se disminuye sensiblemente el costo de su construccion. Por lo que respecta à no poderse hacer fuego desde todas las Obras del Recinto, no es de conseqüencia alguna; por que si à las exteriores se aplica la Artillerìa necesaria para mantener distante al Enemigo, siempre habrà ocasion de irla retirando à otros puestos, donde tenga mejor uso y mayor seguridad, à proporcion que el sitiador adelante sus ataques.

Lo mejor es, siempre que sea posible, terminar las Obras en la linea que se tire desde el Parapeto del Cuerpo de la Plaza hasta la extremidad de la Explanada; por que de esta forma se conseguirà mucho ahorro, el Enemigo se verà obligado à batir unas Obras despues de otras, y por lo mismo le serà preciso esta-

blecer tantas Baterìas, como sea el numero de Obras: ademàs que en todo tiempo se puede hacer fuego à barbeta, desde qualquiera parte que convenga.

Mr. Vauban, siempre elevò los Muros de Fortificacion hasta la altura del Parapeto, excepto en el *Nuevo Brisac*, donde los terminò à 3, ò 4 pies sobre el nivel de la Campaña, y los reforzaba al mismo tiempo con robustos Estribos, ò Contrafuertes. Pero *Mr. Coehorn*, que era mas economico, solo creciò los Muros hasta el nivel de la Campaña en *Bergen-op-zoom*.

Este metodo tiene mucha utilidad, por que ahorra grandes gastos en la construccion, y tambien por que el Enemigo solamente puede batir una corta porcion del Muro, necesita mas tiempo para formar la brecha, y la pueden reparar los Sitiados con prontitud y à poco gasto (14): En lugar que quando

(14) Esta clase de Muros se practica en los Paises que, careciendo de Piedra para mampostear, abundan al mismo tiempo de Praderìas, que les abastece buenos Cespedes con que revestir los Terraplenes: y aunque en tiempo de Sitio son mas utiles, que los de Piedra ò Ladrillo, por el menor estrago que hace en ellos la Artillerìa; con todo, solo se usan en los Paises septentrionales, donde por ser Climas muy templados, prueban mejor, que en las Regiones demasiado calidas; pues en

do el Muro llega hasta el Cordon, le baten los Enemigos tan baxo como pueden, para hacer caer de golpe toda la parte superior, y logran en poco tiempo la formacion de la brecha; cuyo reparo se hace dificil y costoso à los defensores.

Algunos seràn de opinion, que los Muros no necesitan de Cimientos muy profundos. Es verdad que la mamposterìa enterrada, no hace otro servicio, que el de sostener los mismos Muros; y por consiguiente parece que afirmando los Cimientos con Pilotage, ò de otra manera, se lograrìa el mismo fin con menos gasto. Pero esta pràctica, se sigue solamente quando los Fosos son de agua; por que en este caso se conservan sin podrirse las Estacas, y Maderas. No sucede lo proprio en los Fosos secos, à menos que el Terreno sea de muy buena consistencia, y que admita bien las Estacas. Fuera de esto, la principal utilidad que se saca de los Cimientos profundos, especialmente en las Caras de los Baluartes (donde se forman las brechas), consiste en que sirven de barrera à los Minadores Enemigos; pues si no encontrasen con este embarazo, llevarian sus galerìas por debaxo del Muro, y le harìan volar en menos tiempo que el necesario al Cañon para

---

en estas, el ardor del Sol deseca y deshace los Cespedes en poco tiempo, resultando de corta duracion los Muros de esta especie.

ra perfeccionar la brecha. Pero en las Golas, ò Contraescarpas, donde no se puede abrir la brecha, ni hay que rezelar peligro por los Minadores, sería extravagante establecer los Cimientos à mayor profundidad, de la que sea necesaria para sostener los Muros que los cargue.

SECCION V.

Modo de hacer el Calculo de una Fortaleza.

DElineados el Plano, Perfiles, y Elevaciones de la Fortaleza, con arreglo à lo que conviene executar; es necesario determinar por Trigonometria todos los angulos, y lineas, que no resulten conocidas por la construccion. Despues, por las Reglas que enseña la Geometria pràctica, se ha de calcular la cantidad de mamposterìa, las excavaciones, ò desmontes de Tierra, y el coste de los Terraplenes, Parapetos, y Explanadas que se contienen en el todo de la Obra. Con este conocimiento, y el de los precios de los Materiales, se podrà hacer el Tantèo prudencial (15) del costo, que

(15) Dice el Autor *Tantèo prudencial*, por que no es posible hacerlo tan acertivo, que no difiera el costo del que precisamente ocasione la execucion de las Obras grandes; pues la diversidad de accidentes que suelen ocurrir en la prosecucion del trabajo, ya en la mala y desigual con-



que causarà al Soberano la construccion de la Plaza.

Como no es posible señalar los precios de los Materiales, asi por las diversas distancias desde los parages en que se encuentran hasta la Obra, como por la variedad que tienen los jornales en distintas Provincias; nos contentarèmos con formar separademente el Calculo de la cantidad de Obra, que resulte de cada especie en el todo del Proyecto: pues con este conocimiento, y el que adquiera con la pràctica el Joven Ingeniero, se hallarà en estado de conducirse con acierto en las comisiones que se le encarguen de esta naturaleza.

Cal-

---

consistencia del Terreno en que se funde, ya en algunas alteraciones, que sin faltar à lo principal del Proyecto se reconocen necesarias en la pràctica, ò ya la vicisitud en los precios de los Materiales, con otros desperdicios, que no se pudieron preveer quando se formò el Calculo, han de ocasionar alguna indispensable diferencia en el gasto: Asi, en las Reglas establecidas generalmente para estos computos, se prescinde de todas las circunstancias, que puedan variar los resultados. Pero no es lo mismo en los que respecta à qualquiera medicion de Obra executada; pues en ella tienen lugar y perfecta aplicacion las Reglas de la Geometìa, y en donde està no alcanza por la irregularidad de los Cuerpos, es facil servirse de los metodos de aproxîmacion, que dàn con la mayor exâctitud posible la magnitud de los mismos Cuerpos.

Calculo de la Mampoſteria.

Para mayor facilidad del Calculo, ſupondrèmos, que la Plaza es un Pentagono regular, proprio para una Ciudadela con ſus Rebellines, Camino cubierto, y Explanada: que el Lado exterior AB, es de 360 varas, las
Lam. 6. Fig. 1. Caras AH, BE de 100, y la Perpendicular CD de 60. Eſto ſupueſto, ſe hallaràn (por Trigonom.) los Flancos HG, EF de 54.54 varas; y como ſon 10, ſe tendràn 545.4 por la ſuma de todos. Tambien ſe encontrarà la Cortina FG = 152 78; y ſiendo cinco; reſultaràn 763.9 varas por la ſuma de todas. Aſimiſmo cada una de las Caras tiene 100 varas de longitud, por conſtruccion; luego la ſuma de las 10 que comprehenden los cinco Baluartes, ſerà 1000 varas.

Adviertaſe, que lo miſmo es multiplicar cada una de las longitudes de las partes del Recinto, por las varas quadradas del Perfil del Muro, para tener con la ſuma de los productos la ſolidez del miſmo Muro; que ſumar todas las partes del Recinto, y multiplicarlas por el Perfil comun, para tener la miſma ſolidez: Por conſiguiente, ſi ſe ſuman las varas que contienen todas las Caras, Flancos, y Cortinas del propueſto Recinto, tendrèmos 2309.3 varas por uno de los factores que intervienen pa-

pàrà deſcubrir las varas cubicas de mampoſteria, que ſe comprehenden en el Muro principal.

Repreſente AC el perfil del Muro principal, cuya altura AB ſea de 30 pies, ò de 10 varas, contadas deſde el Cimiento AD haſta el Cordon BC ſolamente, por que el Parapeto ſe ſupone de Tierra. Si la Fabrica ha de ſer de Piedra, ſe hallarà * el eſpeſor ſuperior del Muro de 5 pies, y el inferior de 11, ſiendo la baſe del declivio $\frac{1}{5}$ de ſu altura. Sumando los dos Lados paralelos AD = 11, y BC = 5, ſe tendrà 16, cuya mitad 8, multiplicada por la altura AB = 30, darà 240 pies quadrados; y como cada 9 hacen una vara quadrada, partiendo 240 por 9, reſultaràn 26 $\frac{2}{3}$ varas quadradas por el valor de la ſuperficie del Perfil del Muro ABCD, excluſos los Cimientos y Contrafuertes. Luego multiplicando el valor de la Magiſtral en varas, que ſe ha determinado antecedetemente de 2309.3 por 26 $\frac{2}{3}$, producirà 61427.3 varas cubicas, que es la mampoſteria que ſe incluye ſimplemente en el Muro principal. *Fig. 2.*

Si ſuponèmos, que la profundidad AH del Cimiento ſea de 2 varas, y ſu anchura de 4, ſe tendràn 8 varas quadradas por la Area del Perfil del Cimiento, que multiplicada por las 2309.3 varas, que contiene la linea Ma-

* Tab. III. Secc. I. Part. I.

giſtral, reſultaràn 18474.4 varas cubicas, que ſon las que ſe incluyen en el Cimiento del Muro principal.

Para determinar la ſolidez de los Contrafuertes, es neceſario tener preſente lo que ſe ha dicho ſobre ellos en la Secc. I. Part. I.; y ſuponiendo el intervalo de uno à otro de 12 pies, reſultarà de 4 ſu grueſo. Aſimiſmo, reſpecto que la altura debe ſer la propria, que là del Muro, ſe hallarà * que correſponden 8 pies y 6 pulgudas, ò bien 8.5 pies à la longitud AL del Contrafuerte; cuya baſe contendrà 34 pies quadrados, ò bien $3\frac{7}{9}$ varas quadradas; y multiplicando eſta cantidad por las 12 varas, que tiene de altura el miſmo Contrafuerte con el Cimiento, darà $45\frac{1}{3}$ varas cubicas por ſu ſolidez. Si el numero 2309.3 (que ſon las varas que contiene el Recinto) ſe parte por $5\frac{1}{3}$ varas, que diſtan entre sì los Centros de los Contrafuertes; el quociente 433, expreſarà el numero de los que comprehende el Muro principal: luego multiplicando 433 por $45\frac{1}{3}$, el producto 19629.3 ſerà en varas cubicas la ſolidez de todos. De donde ſe ſigue, que las varas cubicas de mampoſterìa que ſe incluyen en todo el Cuerpo de la Plaza, conſiſten en las partidas ſiguientes.

So-

* Tab. III. Secc. I. Part. I.

Solidez de los	Muros.	61427.3.	Cuerpo de la Plaza.
	Cimientos. . . .	18474.4.	
	Contrafuertes. .	19629.3.	
	Suma Total. . .	99531.	

Habiendo determinado la cantidad de mampostería que se contiene en el Muro principal, ò Cuerpo de la Plaza, pasarèmos ahora à descubrir la que comprehenden las Caras de los Rebellines, que supondrèmos de 24 pies de altura; y se tendrà en su Perfil AC, el grueso superior BC del Muro, igual 4 pies y 4 pulgadas, y el inferior AD = 9 pies y 11 pulgadas: luego la suma de los dos Lados paralelos, serà 14 pies y 3 pulgadas, cuya mitad multiplicada por la altura AB = 24, darà 171 pies quadrados, ò 19 varas quadradas por la superficie del Perfil ABCD del Muro, sin Contrafuertes ni Cimientos. *Fig. 3.*

De la construccion del Rebellin resulta, que la longitud de sus Caras es de 103.5 varas, que multiplicadas por 10, se tendràn 1035 varas por la suma de todas: Multiplicando la Area del Perfil, que equivale à 19 varas quadradas, por 1035, se tendrà el producto 19665 varas cubicas, correspondientes à la cantidad de mampostería que contienen los Revestimientos de las Caras de los cinco Rebellines.



Suponiendo, que el Cimiento tengã 6 pies de profundidad, y 11 de eſpeſor, ſerà ſu Perfil de 66 pies quadrados, ò bien $7 \frac{1}{3}$ varas quadradas: luego multiplicando $7 \frac{1}{3}$ por toda la longitud, ò ſuma de las Caras, que es 1035 varas, reſultaràn 7590 varas cubicas, por la ſolidez, ò mampoſterìa que incluyen ſus Cimientos.

La longitud LA del Contrafuerte es de 7 pies, y la altura HB de 30, incluſo el Cimiento: luego la Area KB ſerà de 210 pies, ò $23 \frac{1}{3}$ varas quadradas; y ſi la diſtancia entre Centro, y Centro ſe ſupone de 16 pies, ſerà de 4 el eſpeſor, ò $1 \frac{1}{3}$ varas: luego multiplicando $23 \frac{1}{3}$, por $1 \frac{1}{3}$, el producto 31 varas cubicas à corta diferencia, expreſarà la ſolidez de un Contrafuerte. Dividiendo la longitud total 1035 varas, por la diſtancia $5 \frac{1}{3}$ varas, darà 194 por el numero de Contrafuertes que contienen las Caras de los Rebellines; y multiplicandole por la ſolidez de uno de ellos, que es 31 varas cubicas, reſultaràn 6014 varas cubicas por el total de los Contrafuertes. Por conſiguiente, la cantidad de mampoſtería, que contienen las Caras de los Rebellines, ſerà como ſe ſigue.

So-



Solidez de los	Muros.	19665.	En las Caras de los Rebellines.
	Cimientos. . .	7590.	
	Contrafuertes.	6014.	
	Total.	33269.	

Resta ahora determinar la solidez de la Contraescarpa, à cuyo fin supondrèmos, que AC representa su Perfil, en el qual la altura AB sea de 16 pies, el espesor superior BC de 2, y el inferior AD de 5 pies y 2 pulgadas, segun las Tablas de la Part. I. Secc. I. La suma de los Lados paralelos es 7 pies y 2 pulgadas, que multiplicada por 8, mitad de la altura, se tendràn $57\frac{1}{3}$ pies quadrados, ò 6.4 varas quadradas proxîmamente por la Area del Perfil. Fig. 4.

La longitud de toda la Contraescarpa correspondiente à un Frente, se hallarà, segun la construccion y aplicacion de la Geometria practica, de 580 varas; cuyo numero multiplicado por 5, darà 2900 varas por la longitud de la Contraescarpa en toda la Plaza. Multiplicando esta longitud por el Perfil AC = 6.4 varas quadradas, se tendràn 18560 varas cubicas, por la solidez del Muro de la Contraescarpa.

Si la profundidad del Cimiento es de 5 pies, y su anchura de 6.5, el producto 32.5 pies quadrados, ò bien 3.6 varas quadradas pro-

proxîmamente, expresarà la superficie del Perfil del mismo Cimiento, que multiplicada por la longitud total 2900, darà el producto 10440 varas cubicas por su solidez.

Respecto que la altura de los Contrafuertes con sus Cimientos es de 21 pies, y la longitud de 4, se tendrà su Area KB = 84 pies quadrados = 9 $\frac{1}{3}$ varas quadradas; y suponiendo, que las distancias de Centro à Centro sean de 12 pies, resultarà de 3 su grueso, y por lo mismo serà la solidez de un Contrafuerte igual à 9 $\frac{1}{3}$ varas cubicas.

Dividiendo toda la longitud 2900 por 4, el quociente 722 expresarà el numero de Contrafuertes, que multiplicado por la solidez de uno, resultaràn 6738 $\frac{2}{3}$ varas cubicas por toda la mamposterìa que se comprehende en los Estribos de la Contraescarpa; cuya solidez total serà.

Solidez de los	Muros.	18560.	En toda la Contraescarpa.
	Cimientos. . .	10440.	
	Contrafuertes. .	6738.	
	Total.	35738.	

Habiendo descubierto la cantidad de mamposterìa, que contienen las varias partes de la Fortaleza (Fig. 1.), con arreglo à sus correspondientes Perfiles, tendrèmos el total de la solidez (exceptuando la de los Puentes, y

Obras

Obras ſubterraneas) ſumando las tres partidas antecedentes.

Solidez de	El Cuerpo de la Plaza.	99531.	En todas las Obras.
	Los Rebellines.	33269.	
	La Contraeſcarpa. . .	35738.	
	Total de la Mampoſterìa.	168538.	

El miſmo Calculo ſe puede diſponer en eſta forma: Sumenſe las Areas del Perfil del Muro, con la del Cimiento, y el quarto de la del Eſtribo; y multiplicando el agregado por toda la longitud, darà de una vez la ſolidez total de cada claſe. Por exemplo: En la Contraeſcarpa la Area del Perfil del Muro es 6.4 varas quadradas, la de ſu Cimiento es 3.6, y el quarto de la del Contrafuerte es 2.33, cuya ſuma 12.33 multiplicada por la longitud total 2900, darà 35738 varas cubicas, por la ſolidez de la Contraeſcarpa con ſus Eſtribos, y Cimientos; lo qual conviene con lo que ſe ha determinado antecedentemente. Lo miſmo ſe verifica en las demàs computaciones particulares.

Con eſte Calculo, no ſe ſaca exâctamente la cantidad de mampoſterìa que incluyen las Obras; por que en los angulos de los Muros, hay varios Solidos particulares, que es preciſo conſiderarlos quando ſe hace la medicion de lo executado, ſegun las Reglas de la Geometria prac-

pràctica : Pero es ſuficiente el metodo que hemos ſeguido, para deducir por un Tantèo prudencial y fundado, el coſte que cauſarà el Edificio.

Nota 16.

„ La Theorìa de los Priſmas truncados „ (que con aplicacion al Calculo de las excavaciones, ſe halla explicada con claridad „ en un impreſo que ſe cita al fin de eſta Seccion), ofrece un modo facil, breve, y exâcto para hallar la ſolidez de los Muros de „ Fortificacion. La Regla conſiſte en eſto: *Al „ doble numero de varas, que contenga la linea „ Magiſtral ò del Cordon, añadanſe las que „ comprehenda el Recinto en la linea exterior de „ la baſe del declivio, y de la ſuma ſaqueſe el „ el tercio: Multipliqueſe el numero de varas, „ que reſulte, por el Perfil recto de la Eſcarpa, „ y el producto darà de un golpe ſu ſolidez.* Para „ la del Muro, *ſe ha de multiplicar ſu Perfil „ recto, por la ſemiſuma de la linea Magiſtral, „ y la interior de todo el Muro, y el producto darà ſu ſolidez.* Sumando eſta con la de la Eſcarpa, ſe tendrà la total del Muro principal; „ à quien añadiendo la que correſponde à los „ Eſtribos, que ſe deſcubre multiplicando la „ ſolidez de uno por el numero de ellos, ſe „ tendràn las varas cubicas de mampoſterìa, „ que juſtamente ſe incluyen en el Cuerpo de

„ la

„ la Plaza. La miſma Regla ſirve para las „ Obras exteriores, y Contraeſcarpa.

„ Para entender el fundamento de eſta „ Regla, concibaſe, que por la linea del Cor- „ don, como tambien por los angulos entran- „ tes y ſalientes del Recinto, paſen Planos „ verticales, ò perpendiculares al horizonte. „ Es evidente, que toda la Eſcarpa quedarà „ dividida en Priſmas triangulares truncados, „ eſto es, que los dos Planos opueſtos ſon en- „ tre sì inclinados, y que en todos es una miſ- „ ma la Seccion recta, ò perpendicular à las „ tres ariſtas horizontales. Aſimiſmo reſulta- „ rà el Muro dividido en Priſmas quadrilate- „ ros truncados, en quienes la Seccion recta „ es un proprio Rectangulo.

„ Todo Priſma triangular truncado, es „ igual al producto de ſu Perfil perpendicular „ à las tres ariſtas, multiplicado por el tercio „ de la ſuma de eſtas (*a*); y como los que com- „ ponen toda la Eſcarpa tienen una miſma „ Seccion recta, ſe ſigue, que multiplicando „ eſta, por el tercio de las tres ariſtas que „ circuyen toda la Eſcarpa del Recinto, ſe ten- „ drà de un golpe ſu ſolidez.

„ En los Priſmas quadrilateros trunca- „ dos que contiene el Muro, y en quienes la „ Seccion recta es un Rectangulo, la ſuma de „ cada dos ariſtas horizontales, y diametral-

(*a*) *Advert. para la Medida, y Calculo de las Excav.* §. 19.

„ mente opueſtas, es igual à la ſuma de las
„ otras dos, como facilmente lo perſuade la
„ contemplacion de los miſmos Solidos; pero
„ en eſte caſo la ſolidez de qualquiera de ellos,
„ ſe halla multiplicando la ſemiſuma de dos
„ ariſtas opueſtas por ſu Perfil recto (*b*), que
„ en todos es uno miſmo: luego multiplican-
„ do el miſmo Perfil recto, por la ſemiſuma de
„ las lineas del Cordon, è interior del Muro, el
„ producto darà ſu ſolidez con una operacion
„ no mas. La miſma ſolidez del Muro reſulta-
„ rà, ſi ſe multiplica la baſe que ocupa en to-
„ do el Recinto, ſin la Eſcarpa, por la altu-
„ ra del miſmo Muro.

„ Es tan util la Theorìa de los Priſmas
„ truncados, que ſin ſu auxîlio ſerìan prolixôs,
„ y ambarazoſos los Calculos que ſe emplean
„ para hallar las ſolideces de algunos Cuerpos
„ irregulares. Pongo por exemplo: La medi-
„ cion de la Cantara de un Ganguil de los que
„ ſirven en eſta Plaza, en Cartagena, y Ma-
„ laga, para la limpieza de ſus Puertos, ſerìa
„ muy impertinente, ſi no ſe advirtieſe, que
„ es un complexô de Priſmas triangulares
„ truncados, y que hallando por la Regla an-
„ terior la magnitud de cada uno ſeparada-
„ mente, el agregado de todos, dà la capaci-
„ total de la miſma Cantara. Eſta ſuele com-
„ ponerſe de uno, ò de dos Cuerpos, en quie-
„ nes

(*b*) *Ibid.* §. 26.

,, nes los Planos horizontales que paſan por
,, las bocas, y por la inflexìon intermedia,
,, tienen los lados que caen àcia una parte
,, paralelos entre sì, y à los opueſtos. Cada
,, uno de eſtos Cuerpos ſe divide en dos Priſ-
,, mas triangulares truncados, con un Plano
,, obliquo, que paſe por los lados opueſtos
,, de ſus dos baſes; y como en todos ſe cono-
,, cen las ariſtas, y ſus Perfiles rectos, ſe ſigue,
,, que es facil deſcubrir la ſolidez particular
,, de cada uno, y por conſiguiente la capaci-
,, dad total de la Cantara.

Calculo de la Excavacion de los Foſos.

Para hallar la cantidad de Tierra, que contienen los Foſos del Cuerpo de la Plaza, y Rebellines, no hay mas, que determinar ſus Areas, y multiplicar la ſuma por la profundidad del miſmo Foſo, eſto es, por 16 pies, ò $5\frac{1}{3}$ varas: Pero atendiendo à la irregularidad del Plano del Foſo, es neceſario dividirlo en varias partes, de la manera ſiguiente.

Deſde los puntos B, D, y F, baxenſe las Perpendiculares BL, DV ſobre la Contraeſcarpa, y FT à linea de la Defenſa GE: prolongueſe la Capital del Baluarte B, haſta K; y ſe tendrà dividido el Foſo en dos Eſpacios quadrilateros, como DILB, en dos Sectores iguales à BLK, y en los dos Triangulos GFE, DGH; *Fig.* 1.

de cuya particular determinacion, resultarà conocida la Area del Foso principal.

La longitud IL de la Contraescarpa se hallarà de 175.7 varas, por la Geometrìa pràctica: BL por la construccion se ha hecho de 40 varas; y resultando DI = 51.86 varas, se tendrà en el Triangulo rectangulo DVI (donde el angulo DIV = 74° 35′), la Perpendicular DV = 50 varas, y la base IV = 13.78: luego IV + IL = VL = 189.48, $\frac{VD + LB}{2} = 45$, y VL $\times \frac{VD + LB}{2}$ = VDBL = 8526.6 varas quadradas, de quien restando el Triangulo DVI = 344.5, se tendrà el Quadrilatero DILB = 8182.1 varas quadradas.

Resolviendo por Trigonometria el Triangulo GEF, se hallarà GF = 152.28 varas, EF = 54.54, EG = 170.28, y la Perpendicular FT = 31. Tambien se tiene por la construccion DH = DE = 89.74; y como los Triangulos GEF, GDH tienen una misma altura, se sigue, que la suma de sus bases GE + HD = 170.28 + 89.74 multiplicada por la mitad de la altura ($\frac{FT}{2}$ = 15.5), darà el producto 4030 varas quadradas por el Espacio EFGHD.

Para hallar la superficie del Sector circular LKB, se ha de tener presente, que por la resolucion trigonometrica, resulta en el Penta-

tagono el angulo LBK = 108.°52', y por la conſtruccion el Radio BL = 40 varas; con lo qual ſe determinarà el Arco LK por medio de las ſiguientes analogias: Como 7 à 22, aſi BL = 40 à la ſemicircunferencia del Circulo, que ſerà de 125.7 varas proxîmamente; y tambien ſe dirà: como 180.° à 108.°52', aſi 125.7 à el Arco LK = 76 varas, cuya mitad multiplicada por 40, darà 1520 varas quadradas por el Sector LKB.

Sumando pues el duplo del Eſpacio DILB = 8182, con el doble del Sector LKB = 152, y el Eſpacio EFGHD = 4030, ſe tendràn 23434 varas quadradas por la ſuperficie del Foſo principal en uno de los Frentes de la Fortaleza.

Ultimamente, para determinar el Foſo de los Rebellines, ſe han de tirar las Perpendiculares N*b*, Q*n* ſobre la Contraeſcarpa, deſde los extremos de la Cara NQ. La anchura de eſte Foſo es de 24 varas, por la conſtruccion, y la Cara NQ ſe hallarà de 103.5, por la reſolucion trigonometrica: multiplicando uno por otro, reſultarà la porcion de Foſo NQ*nb* = 2484 varas quadradas.

En el Triangulo rectangulo N*ba*, ſe tiene N*b* = 24 varas, y la baſe *ab* ſe hallarà de 8.72; luego, ſe tendrà el Eſpacio triangular N*ba* = 104.64 varas quadradas.

El angulo NQR, reſulta por la conſtruccion, y reſolucion de 73.°30': luego el angu-

lo

lo $mQn = 106.^{\circ}30^{I}$; y por consiguiente para hallar en varas el valor del Arco *mn*, se haràn estas dos proporciones: Como 7 à 22, asi el Radio $Qm = 24$ à la semicircunferencia 75.4; y tambien 180° à $106.^{\circ}30^{I}$, asi 75.4 à el Arco $mn = 44.6$ varas, cuya mitad multiplicada por el Radio, darà 535.2 varas quadradas por la superficie del Sector *mQn*.

Al duplo de la suma del Triangulo $Nba = 104.64$, y el Rectangulo $Nn = 2484$, añadase el Sector $mQn = 535.2$, y se tendrà la suma 5712.48 varas quadradas por la superficie del Foso del Rebellin.

Luego si à esta agregamos la del Foso principal, que es 23434 varas quadradas, tendrèmos 29146.48, cuyo quintuplo 145732.4 varas quadradas, serà la Area de todos los Fosos de la Plaza, y Rebellines. Multiplicando esta superficie por la profundidad del Foso, que es de 16 pies ò $5\frac{1}{3}$ varas, resultaràn 777239.46 varas cubicas por la total excavacion de los Fosos.

Ademàs de esta excavacion, se ha de considerar la que corresponde para construir los Muros, y Estribos con sus Cimientos; como tambien el espacio, que necesitan los Obreros para trabajar, el qual no puede ser menor de 2 pies, asi por la parte interior del Muro, como por todo el circuìto de los Estribos: Pero no se deben incluir las Escarpas de los Muros, por que



que ſe ha ſupueſto el Foſo cortado à plomo por las Magiſtrales en el Calculo antecedente.

En eſte ſupueſto, ſi RT es la linea que determina la altura del Foſo deſde el Cimiento del Muro, es neceſario ſeñalar el eſpeſor del miſmo Muro en T; lo qual ſe hace añadiendo al grueſo ſuperior BC = 5 pies, el quinto de la altura MR = 14, y ſe tendràn 8 pies proxîmamente por el eſpeſor que ſe buſca; à quien aumentando 2 pies para los Obreros, ſe tendràn 10 pies por la anchura de la excavacion del Muro: multiplicando eſtos 10 pies por los 16, que tiene de profundo el Foſo, darà 160 pies, ò 17.7 varas quadradas por el Perfil de la excavacion del miſmo Muro. El Cimiento DH, tiene 6 pies de profundidad, y 12 de eſpeſor, y aumentandole dos de cada parte, reſultarà de 16: multiplicando 16 por 6, ſe tendràn 96 pies, ò bien 10.7 varas quadradas proxîmamente por el Perfil para el Cimiento, que ſumado con el del Muro darà 28.4 varas quadradas por la Area del Perfil. Luego multiplicando 28.4, por 2309.3 (longitud total del Recinto de la Plaza) ſe tendràn 65584 varas cubicas, por la cantidad de tierra que ſe debe remover para conſtruir el Muro principal. Fig. 2.

La altura KR del Contrafuerte con ſu Cimiento es de 22 pies, y la longitud HK es de 8.6, à la qual añadiendo 2 pies mas, ſe tendrà 10.6, que multiplicada por 22, darà 233.2 pies, ò bien



bien 26 varas quadradas proxîmamente por el Perfil del Contrafuerte. El efpefor de efte, fe ha confiderado de 4 pies; y aumentandole dos de cada parte, refultarà de 8 para la excavacion: multiplicando 8 pies $=$ 2 $\frac{2}{3}$ varas por 26, fe tendràn 69.3 varas cubicas, por la cantidad de tierra, que fe debe facar para conftruir un Contrafuerte. Y como el numero de eftos fe ha defcubierto, que es de 433, fe figue, que 30007, ferà proxîmamente el numero de varas cubicas de tierra, que fe ha de excavar para todos los Contrafuertes. Añadiendo efta cantidad à la que fe ha determinado antecedentemente, refultaràn 95591 varas cubicas de tierra, que fe deben facar para conftruir el Muro principal con fus Eftribos, y Cimientos.

Para defcubrir la excavacion correfpondiente à los Muros de los Rebellines, cuya altura RM defde el nivel de la Campaña es de 8 pies, y el efpefor BC $=$ 4.4, fe procederà de efta forma: El quinto de 8 es 1.6, que añadido à 4.4, fe tendràn 6 pies por el efpefor del Muro en T, y aumentado de dos, fe tendrà 8: multiplicando 8 por 16, darà 128 pies, ò bien 14.2 varas quadradas por el Perfil de la excavacion para el Muro. *Fig. 3.*

Se ha fupuefto el Cimiento de 6 pies de profundidad, y 11 de efpefor, que aumentado de 4, ferà de 15 la zanja: multiplicando 15 por 6, refultarà fu Perfil de 90 pies, ò 10 va-



varas quadradas. La ſuma de 10 con 14.2, darà 24.2 varas quadradas, que multiplicadas por 1035 (longitud de las 10 Caras), reſultaràn 25047 varas cubicas, por la tierra que ſe debe excavar para conſtruir las Caras de los Rebellines.

La altura KR, que ſe ha de tomar del Contrafuerte y ſu Cimiento, es de 22 pies, y ſu longitud HK aumentada de dos pies, ſerà de 9: multiplicando eſtos numeros entre sì, ſe tendràn 198 pies, ò bien 22 varas quadradas por ſu Perfil, que multiplicado por $2\frac{2}{3}$ (eſpeſor de los Contrafuertes aumentados de 2 pies por cada lado), reſultaràn 58.6 varas cubicas por la excavacion de un Eſtribo: Y como el numero de eſtos es 194, ſe ſigue, que multiplicando 194 por 58.6, el producto 11368, expreſarà las varas cubicas, que ſe comprehenden en la excavacion para los Contrafuertes, que añadidas à las antecedentes 25047, ſe tendràn 36415 varas cubicas por la total que correſponde para las Caras de los Rebellines.

Ultimamente reſta determinar la excavacion que es neceſaria para conſtruir la Contraeſcarpa. El eſpeſor ſuperior BC es de 2 pies, *Fig.* 4.
y aumentandole 2 pies, ſe tendràn 4, que multiplicados por la altura AB = 16, darà 64 pies, ò 7 varas quadradas proxîmamente, por el Perfil de la excavacion del Muro. La profundidad del Cimiento es de 5 pies, y ſu grueſo de 10.5

aumentado de 4; y multiplicando 5 por 10.5, darà 52.5 pies, ò bien 5.8 varas quadradas proxîmamente: Sumando los Perfiles del Muro y Cimiento, reſultaràn 12.8 varas, que multiplicadas por la longitud total 2900 varas de la Contraeſcarpa, daràn 37120 varas cubicas por ſu reſpectiva excavacion.

La altura de los Contrafuertes es de 21 pies, ſu longitud de 6 (aumentada de 2), y ſu eſpeſor de 6 (aumentado de 4 para los Trabajadores); luego la ſolidez, ò excavacion que correſponde para cada uno, ſerà de 28 varas cubicas, que multiplicadas por 725 (numero de todos), reſultaràn 20300 varas cubicas de excavacion para conſtruir los Eſtribos: y ſumando los numeros 20300, 37120, ſe tendràn 57420 varas cubicas por la excavacion de toda la Contraeſcarpa.

Luego la excavacion total, que ſe neceſita hacer para la conſtruccion de la Fortaleza, ſerà como ſe manifieſta en las partidas ſiguientes.

Excavaciones para	Los Muros de la Plaza. . . .	95591.
	Los. Foſos.	777239.
	Las Caras de los Rebellines. .	36415.
	La Contraeſcarpa.	57420.
	Total de la excavacion.	966665.

Sabiendo por experimento la cantidad de tierra que puede conducir un Peon en un dia, ya



ya à los Terraplenes del Cuerpo de la Plaza, y Rebellines, ò ya à las Expladadas, ſe podrà regular à corta diferencia el coſto que producirà el tranſporte, y removimiento de las tierras; por que en eſta claſe de trabajo no ſuele ocurrir accidente, que lo altere. Por exemplo: ſi ſe tiene reglado el precio de la excavacion, y tranſporte de una vara cubica de tierra, ſe deducirà el importe de las que ſe incluyen en la excavacion total, multiplicando el coſto de una por el numero de todas; y ſerà el Calculo mas exâcto, ſi no ſe hubiere de incluir en èl el importe de Andamios, Puentes, y Utiles, como ordinariamente ſucede en eſte genero de Obras, que ſin expoſicion de error ſe pueden dar por aſiento.

El Calculo de eſtas excavaciones de tierra ſe ha formado ſobre el ſupueſto, que el Terreno eſtè à nivel: pero como ordinariamente ſe encuentra muy irregular, es neceſario dexar *Damas*, ò *Teſtigos* por todas partes, para que manifieſten las varias profundidades de la excavacion; y por medio de particulares computos, ſe deſcubrirà la cantidad de tierra, que preciſamente ſe haya removido. Por eſta razon es neceſario, que el Lector conſidère el metodo que aqui ſe ha dado, como aplicable ſolo à los caſos en que las Obras ſe conſtruyan ſobre ſuelos horizontales, ò de nivel; y eſto es ſuficientemente acomodado, para dar una

idea del metodo de hacer el Tantèo prudencial de todas las excavaciones que puedan ofrecerse en una grande Obra (17).

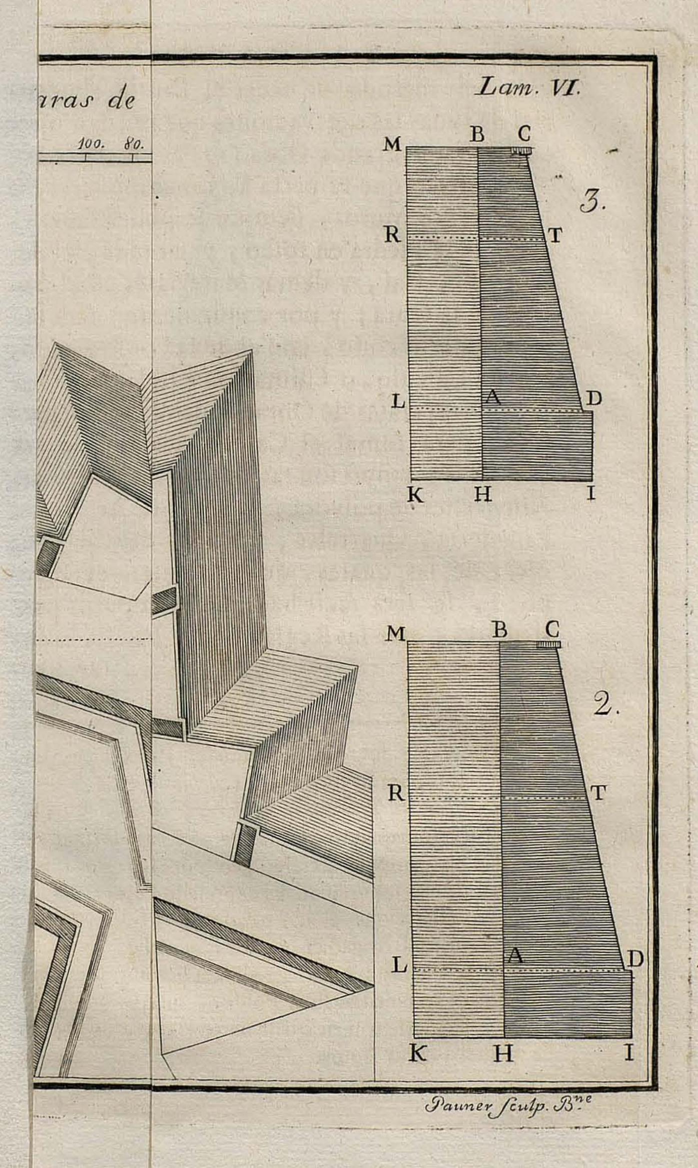
Por lo que respecta à la mamposterìa, ò labor de los Muros, siempre se podrà saber el costo de la Piedra en tosco, y labrada, el del Ladrillo, Cal, y demàs Materiales en el parage de la Obra; y por consiguiente, serà facil argüir su costo, con el de la construccion, por un Calculo, ò Estimacion prudente.

Otras clases de Obras se deben tener presentes para fomar el Calculo general de una Fortaleza, como son las Puertas, Casamatas, Almacenes de polvora, Parque de Artillerìa, Panaderìa, Quarteles, Cuerpos de Guardia, &c.; de las quales, quando quiera el Ingeniero, le serà facil hacer los computos particulares, por las Reglas que se han dado antece-

tece-

(17) Veasc sobre este asunto el Papel intitulado: *Advertencias para la Medida, y Calculo de los desmontes, ò excavaciones en Terrenos irregulares*; en el qual hallarà el Estudioso quanto puede apetecer para formar con facilidad un computo acertivo, en todos los casos que le ocurran de esta naturaleza. El expresado Papel se ha impreso en Bercelona el año pasado de 1766., sobre un Manuscrito del Brigadier de los Reales Exercitos Don Pedro de Lucuze; cuya acreditada literatura, es bastante para recomendarlo al Pùblico, sin que yo me detenga à elogiarle con riesgo de no acertar, y de ofender la modestia de su Autor.





Pauner sculp. B.ne

Escala de 300. Varas de Cast

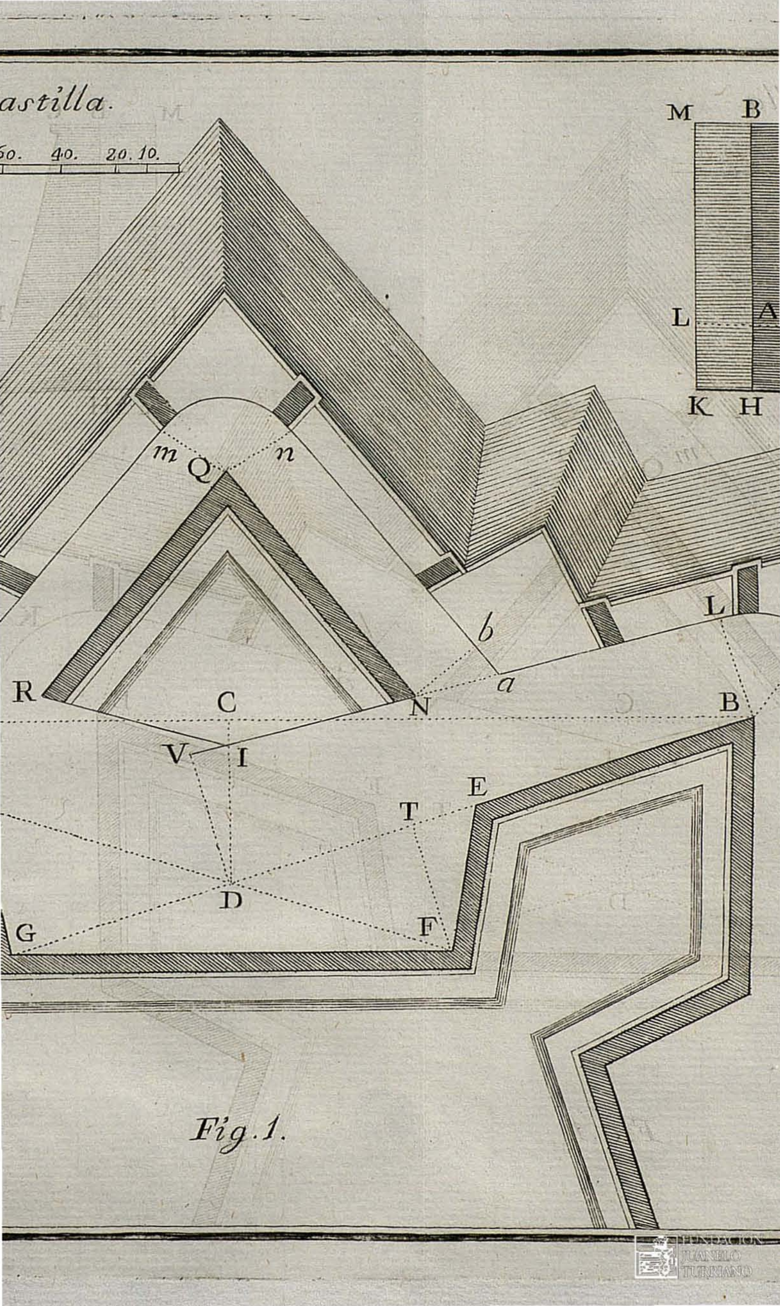
300. 200. 100. 80. 60.

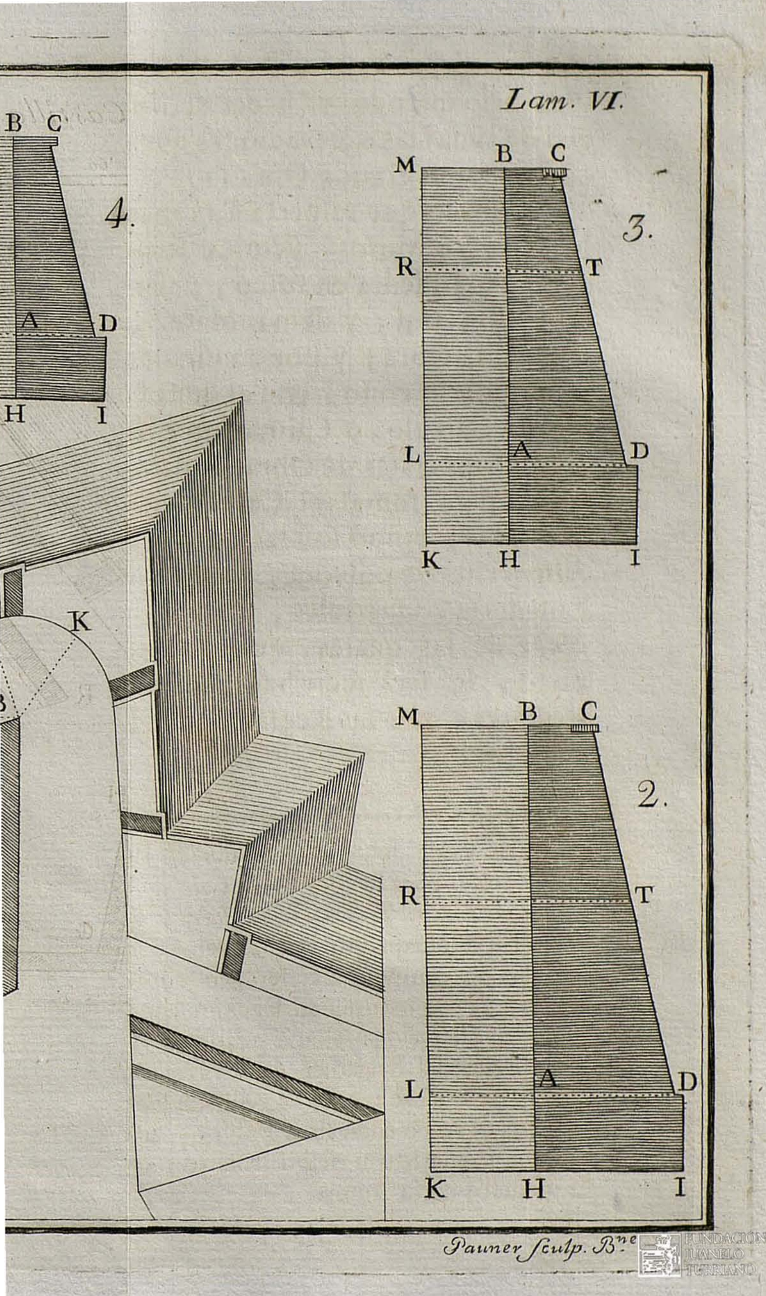
R

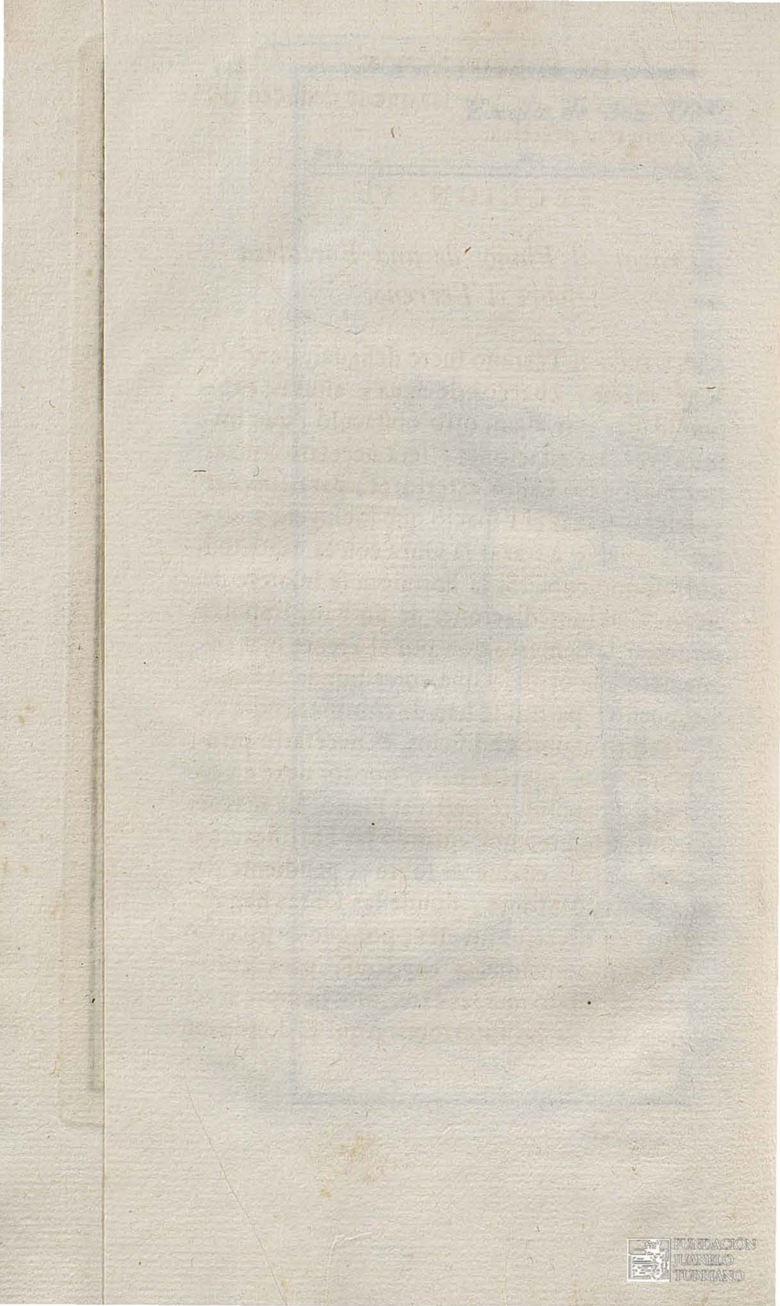
A

H

G


astilla.
60. 40. 20. 10.
M B
L A
K H
m n
Q
b
L
R C N a B
V I
E
T
D
G F
Fig. 1.


Lam. VI.
4.
B C
A D
H I
K
3.
M B C
R T
L A D
K H I
2.
M B C
R T
L A D
K H I
Pauner sculp. Bne.



tecedentemente, y por las que ſe deducen de la Geometrìa pràctica.

SECCION VI.

Trazar el Plano de una Fortaleza ſobre el Terreno.

QUando el Terreno fuere deſigual, lleno de matas, charcos de agua, alturas, profundidades, ò algun otro obſtaculo, que impida ver las eſtaciones, ſerà neceſario trazar Lam. 7.
por mayor los Lados exteriores, para limpiar y deſembarazar el Eſpacio que incluyen; y luego ſe vuelve à trazar la Obra con la exâctitud correſpondiente. Si la Fortaleza ſe hubiere de ſituàr à las inmediaciones de un Rio, importa empezar la demarcacion por el Frente mas inmediato à la orilla, y que correſponda al Plano propueſto: pero ſi ſe han de comprehender en el Recinto algunos Edificios, es neceſario principiarla por aquella parte que los dexe en ſu debida ſituacion reſpecto al Plano. La mayor dificultad ſe preſenta, quando las Fortificaciones ſe han de eſtablecer ſobre el pendiente de una Roca, ò Monte, donde las Obras han de quedar en diverſos niveles; por que es preciſo particular atencion, y cuydado, para colocarlas de modo que las exteriores ſiempre ſean dominadas de las interiores. Aqui es donde un

In-

Ingeniero necesita de grande habilidad y discernimiento, para hacer que las partes de la Fortaleza correspondan al principal objeto de la construccion del todo.

Los Instrumentos que ordinariamente sirven para trazar las Obras sobre el Terreno, son la Mesilla ò Plancheta, y el Theodolito ò Circulo graduado. Mas simple, pero menos exâcta es la Plancheta, y por lo proprio, solo debe usarse para las Obras pequeñas ò de poca consideracion.

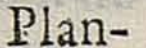
Quando se ha de emplear la Mesilla para trazar una Obra, es necesario delinear esta sobre el papel con una escala sensible, que à lo mas sea de 60 varas por pulgada. Este Plano se pega con cola de boca à la Plancheta, de forma que resulte bien extendido, tirante y sin arrugas; despues por medio de una Alidada con sus Pinulas, se determinan y señalan los angulos sobre el Terreno, midiendo al mismo tiempo con cadenillas, y varas la longitud de las correspondientes lineas del Plano, que se marcan igualmente sobre el Terreno. Pero haciendo uso del Theodolito para estas operaciones, es necesario resolver por Trigonometria los Triangulos que se presenten, para determinar el valor de los angulos, y lineas que conviene marcar sobre el Terreno, y que no se dàn conocidas por la construccion; pero en lo demas se procede lo mismo que con la Plancheta. Para

ma-

mayor claridad, è inteligencia en el uſo de eſtos dos inſtrumentos, explicarèmos con uno, y otro el modo de trazar ſobre el Terreno qualeſquiera Fortalezas, ò Edificios.

Práctica con la Meſilla.

Supondrèmos, que el Plano de la Fortaleza que ſe ha de trazar, es un Pentagono regular, de las miſmas dimenſiones que el de la Lamina 6., y que ſu Plano ſe ha pegado à la Plancheta con las circunſtancias prevenidas anteriormente. Confidereſe el punto O como Centro de la Plaza, y coloqueſe la Plancheta ſobre el miſmo punto, de forma que correſpondan exâctamente los Centros del Plano, y del Terreno en la propria Perpendicular al horizonte: Apliqueſe la Alidada à uno de los Radios mayores del Plano, y mueveſe la Meſilla haſta que por ſus Pinulas ſe deſcubra el punto que correſponda con el Proyecto; y ſupueſto que ſea àcia A, ſe clavarà un Piquete en la direccion OA, aſegurando al miſmo tiempo la Plancheta, para que algun caſual movimiento no altere la operacion: Ajuſteſe la Alidada ſobre el Radio OB del Plano, y en eſta direccion planteſe otro Piquete ſobre el Terreno en un punto como B: Diſpongaſe la Alidada ſobre otro Radio OC, y claveſe en eſta direccion otro Piquete C à qualquiera diſtancia de la *Lam. 7.*



Plan-

Plancheta, pero nunca menor que el Radio ; y repitiendo la misma operacion sobre OD, OE, quedaràn trazados en el Terreno los angulos del Centro. Cortense en estas lineas los Radios OA, OB, OC &c. de la magnitud que denote el Plano, midiendolos con la mayor exâctitud posible por medio de la cadena, y quedaràn marcados los cinco puntos A, B, C, D, E; los quales tendràn la debida posicion, si tirando los Lados exteriores AB, BC, CD, DE, y EA se hallaren iguales entre sì, y del numero de varas que les correspondan segun el Plano: pero si los Lados exteriores no resultan iguales, y de la magnitud que deben tener, serà preciso repetir las operaciones, hasta que todo convenga exâctamente con las lineas del Proyecto.

Determinados, y marcados los Lados exteriores sobre el Terreno, se pondrà la Plancheta en A, de tal suerte, que los Lados AB, AE sobre el papel, se ajusten precisamente con sus correspondientes en el Terreno; para lo qual sirve la Alidada en semejantes operaciones à las antecedentes, removiendo la Plancheta hasta la situacion que conviene, en la qual se afirma, y asegura de nuevo. En esta disposicion, se aplica la Alidada sobre la Cara AF del Baluarte, y en su prolongacion se clavarà un Piquete en el Terreno; midase con la cadena la Cara AF, y quedarà determinado

el

el punto F. Coloquese en este la Plancheta, de suerte que la linea AF del papel, coincida con su semejante en el Terreno: conservese firme la Mesilla, para ajustar la Alidada sobre el Flanco FG, en cuya direccion se medirà la longitud que le corresponde, y se marcarà el punto G.

Para continuar la operacion, se trasladarà la Mesilla al punto B, y se dispondrà de suerte que los Lados BC, BA del Plano, se ajusten sobre los correspondientes ya marcados en el Terreno; apliquese la Alidada à la Cara BL, y tomando en esta direccion 100 varas sobre el Terreno, quedarà marcado el punto L. Transfierase à este la Plancheta, disponiendola de modo que la Cara BL en el papel, coincida con su semejante en el Terreno; y dirigiendo la Alidada por el Flanco LH, se determinarà este sobre el Terreno midiendole con la cadena, y tomando 54.54 varas desde L hasta H; con lo qual resultaràn marcadas las lineas de las Caras, Flancos, y Cortina de un Frente.

Despues se debe comprobar esta demarcacion; para cuyo efecto se medirà la distancia HG, y si se halla de 152.78 varas que le corresponden, y los puntos B, L, G, como tambien A, F, H se encuentran cada tres en una misma linea recta, serà señal, que las operaciones se hicieron con exâctitud: pero si no

resultasen las lineas, y puntos con la precision que corresponde, serìa forzoso volver à repetir las mismas operaciones, hasta que todas las lineas, y angulos del Frente sobre el Terreno, convengan con las del Plano.

La misma pràctica se repite sobre cada uno de los otros Frentes de la Plaza, y se concluye la traza de todo el Recinto, dexando para despues la delineacion del Terraplen, grueso del Muro, y Parapeto.

Si el Recinto fuere irregular, ò bien que en las direcciones de los Radios se encuentren algunos Edificios, ù obstaculos que impidan la vista de los puntos A, B, C &c. desde el Centro O; serà preciso empezar la operacion por alguno de los Lados exteriores AB, BC, CD &c.: esto es, se colocarà la Mesilla de tal suerte en A, que el Lado exterior AB del Plano, estè en la misma direccion que su semejante en el Terreno; y asegurada la Plancheta en esta disposicion, se aplicarà la Alidada al Lado AE, en cuya prolongacion se plantarà un Piquete: Despues se cortaràn en el Terreno los Lados AB, AE de la longitud que señale el Plano, y quedaràn marcados los puntos E, A, B. Luego se traslada la Mesilla al punto B, disponiendola de suerte que el Lado BA en el papel, corresponda sobre la misma linea en el Terreno; y ajustando la Alidada à la linea BC en el papel, se determinarà en su prolonga-
cion

cion el punto C ſobre el Terreno. Del miſmo modo ſe trazarà el Lado CD: y ſi la diſtancia DE, y los angulos AED, EDC, reſultan de la preciſa magnitud que determina el Plano, quedaràn demarcados los Lados exteriores con la exâctitud que ſe neceſita. En lo demàs ſe procederà de la miſma forma que ſe ha explicado antecedentemente.

Quando ſe dà determinada la poſicion de alguna linea con relacion à algun Edificio, Monte, ò Rio, ſerà preciſo principiar la operacion por la miſma linea, deſcubriendo, y determinando por ſu medio, el Lado exterior mas inmediato; y en todo lo demàs, ſe puede ſeguir el metodo antecedente. Por exemplo: Si ſe dà la poſicion de la linea CD, reſpecto à un Rio, de quien ſe quieren aprovechar algunas aguas para el Foſo principal; ſerà preciſo ſituar la Meſilla en el punto C, de tal ſuerte que la linea CD en el papel, correſponda à la miſma linea ſobre el Terreno: Deſpues conſervando firme la Meſilla, ſe ajuſtarà la Alidada ſobre los Lados exteriores CB, CD, en cuyas prolongaciones ſe marcaràn los puntos B, D en el Terreno; y en lo reſtante ſe ſigue como en los caſos antecedentes.

En la Fortificacion de un Recinto antiguo, ordinariamente ſe dà determinada alguna Cortina; y ſuponiendo que eſta ſea GH, ſe diſpondrà la Plancheta en los puntos G, H pa-

ra determinar los Flancos GF, y HL: Despues se traslada à los puntos L, F, desde los quales se trazan las Caras LB, FA, y resultarà el Lado exterior AB, que sirve para continuar la demarcacion, segun los metodos ya explicados.

La misma pràctica con el Theodolito.

Siendo regular el Recinto de la Fortaleza, se colocarà en su Centro O el Theodolito, que se orientarà por medio de un nivel, fixando la Alidada à los 360 grados sobre el limbo del Instrumento: despues se moverà este al rededor, hasta que el extremo Septentrional de la Aguja cubra la flor de lis, ò señale en la caxa 360 grados: En esta disposicion se afirma y asegura el Theodolito, por medio de un tornillo que tiene en la parte inferior, y se mueve la Alidada, hasta que la cerda vertical del Telescopio corte la estacion A en la direccion OA. A los grados que señale sobre el limbo la Alidada, añadanse los que contiene el angulo AOB, y muevase la Alidada hasta cortar los grados que determine la suma, en cuya direccion OB se plantarà un Piquete: Volviendo à añadir à los grados que corta la Alidada, los que comprehende el angulo BOC, se moverà la Alidada hasta que corte sobre el limbo los grados que señale la suma, y en la direccion OC se notarà otra estacion. La mis-

miſma operacion ſe repite, haſta concluir el todo.

Eſta pràctica es preferible à qualquiera otra; por que la Aguja ſiempre corta el miſmo numero de grados, que la Alidada determina ſobre el limbo. Lo miſmo ſe practìca de eſte modo: Deſpues de orientado el Inſtrumento, y pueſta la Alidada à los 360 grados, es neceſario mover el Theodolito, haſta que la cerda vertical del Teleſcopio corte qualquiera eſtacion ſituada en la direcciou OA, y ſe afirma el limbo en eſta poſitura por medio de un tornillo: Muevaſe la Alidada haſta que corte el miſmo numero de grados que contiene el angulo del Centro AOB, que en el preſente caſo es de 72 grados, y fixeſe una eſtacion en qualquiera punto de la direccion OB: Diſpongaſe la Alidada de forma que corte los gra, dos que contiene el angulo AOC = 144°, y planteſe una eſtacion en la direccion OC: Remuevaſe la Alidada, haſta que ſeñale ſobre el limbo los grados que comprehende el angulo AOD, y claveſe un Piquete en la direccion OD: Ultimamente, ſiguiendo el proprio metodo, ſe determinarà, y marcarà la direccion OE. Sin alterar el Inſtrumento, diſpongaſe la Alidada de ſuerte que por la cerda vertical del Teleſcopio ſe corte la primera eſtacion A; y ſi el Indice ſeñala exâctamente 360° ſobre el limbo, eſtaràn bien trazados en el Terreno

los

los angulos del Centro; lo qual no dexarà de suceder, mientras el Theodolito se haya conservado en las operaciones sin movimiento.

Señalados sobre el Terreno los angulos del Centro con la mayor exâctitud, es necesario medir con la misma los Radios OA, OB &c.; y para exâminar la operacion, se mediràn los Lados exteriores AB, BC &c., que hallandolos de las dimensiones que les corresponde, no habrà motivo de rezelar el menor error.

Pero si la Fortificacion fuere irregular, ò que los puntos A, B, C, D, E, no puedan verse desde el Centro O, serà preciso colocar el Theodolito en qualquiera angulo como A, que se supone en determinada situacion. Orientado el Instrumento, y ajustada la Alidada à los 360°, se moverà el limbo, hasta que el extremo Septentrional de la Aguja señale tambien 360°. En esta disposicion se afirma el Instrumento con el tornillo, y se remueve la Alidada, hasta que con la cerda del Telescopio se corte la estacion en la direccion AE, que se supone dada: Despues se exâmina el numero de grados, que comprehende el angulo formado por AE y la linea Norte-Sur, y supuesto que sea de cinco grados, se restarà del angulo del Poligono EAB = 108°, para tener 103° que serviràn para dirigir la Alidada por el punto en que los determina el limbo: Señalese sobre la direccion AB, que indica la Alida-

da,

da, 360 varas desde A hasta B, y se tendrà marcado el Lado exterior AB. Trasladese el Theodolito al punto B, y sin mover el Indice, dispongase de suerte que por el Telescopio se vea la estacion A: Despues se afirmarà el limbo, y agregando los grados que señale, à los que comprehende el angulo ABC, se notarà la diferencia entre la suma de estos, y los 360° del Circulo, y en el numero de grados que determine la expresada diferencia, se ajustarà la Alidada, señalando la estacion C en la direccion BC que indique: cortese sobre el Terreno el Lado exterior BC de 360 varas, y quedarà determinado el punto C. De la misma forma se marcaràn los demàs Lados exteriores, hasta llegar al punto E; y si volviendo à colocar el Instrumento sobre la primera estacion A, se hallare el angulo EAB del mismo numero de grados que le corresponde, serà prueba que las operaciones se han executado con exâctitud.

Es de notar, que trazando los angulos del Recinto con arreglo à la Meridiana que pasa por el punto A, siempre señalarà la Aguja en la caxa el mismo numero de grados, que la Alidada en el limbo; lo qual si se observa con atencion en cada una de las operaciones, serà facil remediar qualquiera error que se cause por accidente, ò inadvertencia. Con esta precaucion y exâmen, se evitarà, à caso, tener

ner que repetir la operacion desde el principio.

Siempre que se ha de trazar el Plano de una Fortaleza sobre el Terreno sirviendose del Theodolito, es necesario resolver, y determinar anticipadamente por Trigonometria, todas las lineas, y angulos de la Figura, y con este conocimiento se procederà à la demarcacion de la Magistral de este modo. Coloquese el Instrumento en el punto A, y marcando sobre la linea AB el angulo BAF de los grados que le correspondan, se determinarà la Cara AF. Transfierase el Theodolito al punto F, señalando sobre el Terreno el angulo de la espalda AFG, y determinese la longitud del Flanco FG. Trasladese el Instrumento sobre el punto B, y siguiendo el mismo metodo, se marcaràn los puntos L, H: Exâminese despues si los tres puntos B, L, G se hallan en una misma linea recta, como tambien los tres puntos A, F, H; y si la Cortina GH resulta al mismo tiempo de la longitud que le corresponde, serà prueba que la demarcacion del Frente se ha hecho con exâctitud. Repitiendo las mismas operaciones sobre los demàs Lados del Poligono, se tendrà trazada la Magistral de la Plaza.

A esta sigue inmediatamente la Contraescarpa, cuya demarcacion se practìca asi. Formese el angulo MDN de 74.° 35', que le corresponden por la resolucion trigonometrica, y de-

determinefe la anchura del Fofo defde el angulo Flanqueado, hafta el punto N: feñalefe la linea NR, y repitafe la mifma operacion fobre la Cara ER, para tener las porciones rectas de la Contraefcarpa fobre un Frente. La parte curva delante del angulo Flanqueado, fe determina defde efte con filas de Eftacas, que forman como Radios de la porcion Circular, fugetandolos à la longitud que conviene con la anchura del Fofo; pero fi efta fuere moderada, ferà facil trazar la curvatura de la Contraefcarpa, fixando el extremo de una cadena en el angulo Flanqueado, y moviendola como Radio de un Circulo, para marcar con el otro extremo la porcion circular que fe necefita.

Para trazar el Rebellin, fe ha de baxar una Perpendicular defde el angulo entrante S de la Contraefcarpa fobre el Lado exterior DE, y fe cortarà en el Terreno ST de 100 varas para la Capital: Defde el punto T, marquenfe dos lineas à uno y otro lado de la Contraefcarpa, de modo que prolongadas determinen en las Caras opueftas de los Baluartes un punto como X diftante 6, ò 7 varas de los angulos de la Efpalda M, y fe tendrà feñalado fobre el Terreno el circuìto, y pofìcion del Rebellin; cuya Contraefcarpa y Fofo, fe determina levantando Perpendiculares de 24 varas en los extremos de las Caras, y la parte curva fe trazarà lo mifmo que la del Fofo principal.

Trazar ſobre el Terreno el Camino cubierto, y la Explanada.

Deſde el angulo entrante *a* de la Contraeſcarpa cortenſe 40 varas para las Semigolas *ab*, *ac* de la Plaza de Armas: fixenſe en *b*, y en *c* los extremos de dos cadenas de 50 varas de largo cada una, y en el punto *d*, donde concurran bien tirantes, ſe clavarà un Piquete: marquenſe ſobre el Terreno las lineas *db*, *dc*, y ſe tendràn las Caras de las Plazas de Armas. Si ſe plantan dos Piquetes à 12 varas de diſtancia de la Contraeſcarpa, y por ellos ſe traza una linea recta, quedarà marcado el Camino cubierto; y haciendo la miſma operacion ſobre eſtas lineas, pero à 40, ò 50 varas apartados de ellas àcia la Campaña, quedarà ſeñalado el termino de la Explanada. Los Traveſes ſe trazan con facilidad ſobre el Terreno, por la conſtruccion que tienen en el papel.

Eſta es la pràctica mas ſegura y exâcta de trazar una Fortaleza ſobre el Terreno; debiendo obſervarſe en general, que qualeſquiera Obras de eſta naturaleza ſiempre es neceſario demarcarlas por medio de las lineas, y angulos dados por la conſtruccion, ò determinados por Trigonometria.

Por exemplo: para trazar ſobre el Terreno un Hornabeque, ò una Obra coronada, es preci-



ciſo determinar el angulo que formãn ſus Alas con la Contraeſcarpa, ò con las Caras del Baluarte, como tambien la longitud de las miſmas Alas; con lo qual ſe marcarà facilmente todo lo demàs, procediendo de la miſma forma que en el Cuerpo de la Plaza. El modo de trazar las Lunetas, Tenazones, Contraguardias, y todas las demàs Obras, es tan ſemejante à lo que ya ſe ha explicado, que no es neceſario detenerſe mas en eſte aſunto.

SECCION VII.

Metodo de conſtruìr las Obras de Fortificacion.

TRazada la linea Magiſtral de la Obra, importa nivelar toda la extenſion y rededores de la Plaza, para darle, entre las varias alturas, y profundidades que ofrezca el Terreno natural, aquella ſituacion, y nivel mas ventajoſo que ſea poſible; atendiendo principalmente à que con el deſmonte de las partes mas elevadas, ſe puedan terraplenar los hoyos, y profundidades comprehendidas en el miſmo eſpacio. El Centro de la Fortaleza debe quedar 6 pies mas alto que el expreſado nivel, à fin de dàr al piſo de las Calles un pendiente proporcionado para el deſagüe de las lluvias. Con eſta preparacion ſe abre una Zan-

ja por todo el circuìto, capaz de recibir el Cimiento del Muro principal; pero ſe ha de atender cuydadoſamente à diſtribuir las tierras de eſta excavacion, y la del Foſo, de tal ſuerte, que no queden dentro del Recinto mas de las que puedan emplearſe en los Terraplenes, y Parapetos del Cuerpo de la Plaza; à fin de evitar en quanto ſea poſible la repeticion del gaſto en los tranſportes. Para eſte efecto conviene calcular las porciones de tierra que ſe eleven ſobre el nivel determinado, y las que reſulten de las excavaciones que ſe hayan de hacer para Ciſternas, Conductos, y Caſamatas.

La diſtribucion de las tierras, que ſe ſacan de los Foſos y de las Obras ſubterraneas, pide mucha atencion, y conocimiento, para no conducir à lo interior de la Plaza ſino las que ſe deban emplear en ella, y aplicar las que ſobren à las Explanadas. En eſta pràctica es tan dificil el acierto, que para eſcuſar la repeticion de tranſportes, ſerà muy conducente no mover tierra alguna, ſin haber meditado con madura reflexìon el parage donde ſe pueda aplicar con ventaja.

Las excavaciones que ſe hacen para conſtruìr los Muros de Fortificacion, ſe forman con eſcalones àcia la parte del Terraplen, como *Lam.* 8. *Fig.* 8. ſe repreſenta en la Figura 8.; pero importa darles el menos huello, y mas altura que ſea po-



Lam. VII.

D

N

H

a

d

c

T

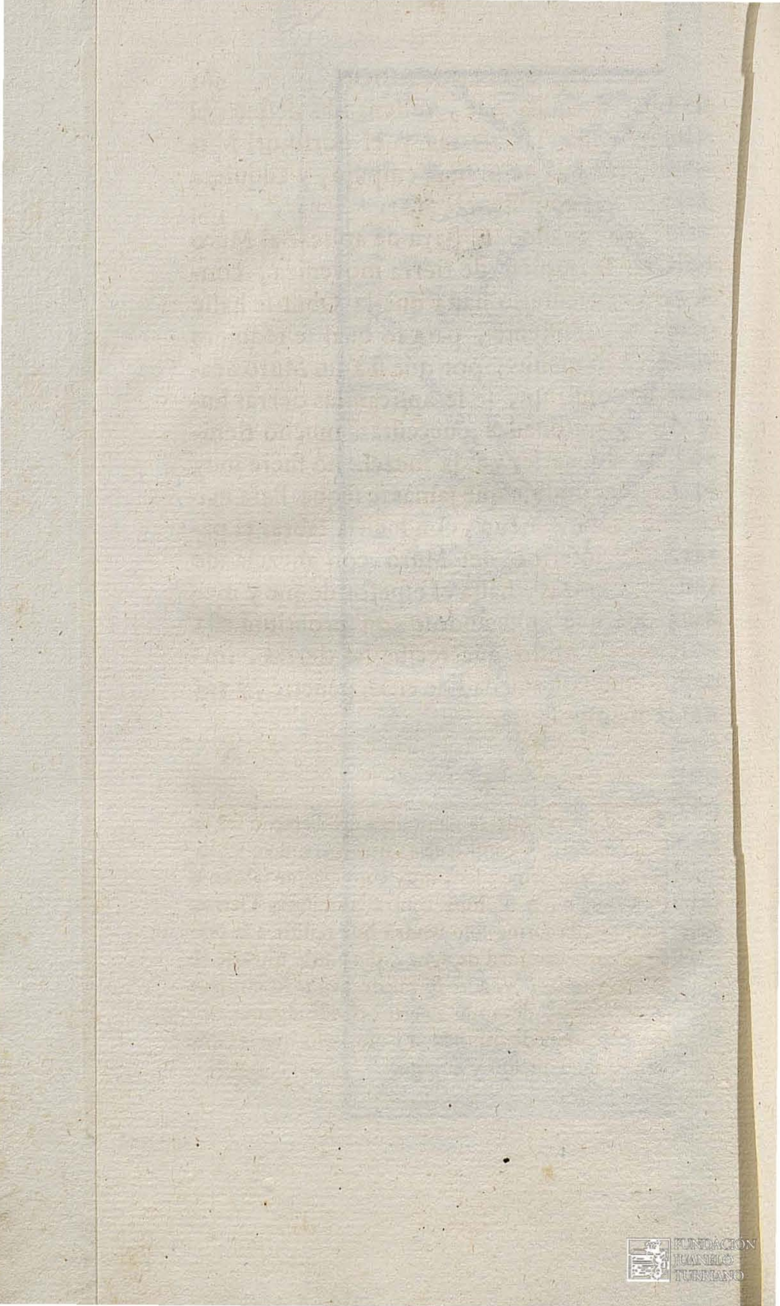
G

V

Pauner sculp Bnc


C
B
L
H
O
G
F
A


Lam. VII.
D
K
N
X
M
a
d
c
S
T
V
R
E
Pauner Sculp.



posible, à fin de que, rellenando despues el espacio entre las tierras y el dorso del Muro, no reciba este grande empujo, y adquiera su necesaria consistencia (18).

Pero quando se haya de aplicar al Muro todo el Terraplen de tierra movediza, conviene no executarlo hasta que la Obra se halle enjuta y consistente, para lo qual se requiere un año à lo menos: por que si à un Muro acabado de construìr, se le aplican las tierras humedas, y apisonadas, necesitarà mucho tiempo para enjugarse; y si la mezcla no fuere muy buena, serà posible que jamàs se seque. Para evitar este inconveniente, conducirìa labrar el paramento interior del Muro con mezcla de Cal, y Cenizas, hasta el espesor de pie y medio; por que enjugandose con prontitud esta porcion de Muro que recibe las tierras, impedirà que la humedad de estas, penetre, y vicie la mampostería.

A

(18) Siempre que la naturaleza del Terreno sea de tan buena union, y consistencia, que cortandolo à plomo permanezca firme; serà muy conveniente labrar el Muro à hueso, ò al tope contra las mismas Tierras: por que de esta forma solo tendrà que resistir à la presion de la corta cantidad de agua, que pueda filtrarse en tiempo de lluvias, y aun se puede evitar su esfuerzo contra el Muro, dexando abiertos en este algunos mechinales por donde se difunda al Foso, hasta que la Obra adquiera su total asiento y enjugo.

A fin de minorar el empujo de lás tierras contra el Muro, ſe entrelazan al tiempo de apiſonarlas, con faginas ò ramages en capas horizontales, procurando clavar ſus troncos en tierra firme, y que las tongas de tierra y fagina, no excedan juntas de un pie y medio, para que ſe aprieten bien con el Piſon: De eſta forma ſe logrará, que el Muro ſe enjugue, antes que las tierras exerzan contra èl toda ſu preſion.

Metodo, que ſe debe ſeguir en la conſtruccion de los Cimientos.

De la buena conſtruccion de los Cimientos, depende ſiempre la firmeza, y duracion de toda claſe de Obra. Con eſta atencion, procuraremos explicar las circunſtancias, y metodos particulares, que ſe deben obſervar en los varios Suelos, y Terrenos que ſe preſenten, para que los Edificios que ſe eleven ſobre ellos, tengan la mayor ſeguridad y permanencia poſible; pues ſon muchos los que ſe han maltratados, y no pocos los que han fracaſado, por no haber tomado en ſus fundamentos las debidas precauciones. Para mayor claridad, acompañarèmos la explicacion con Planos y Perfiles, que repreſenten las preparaciones neceſarias à los Suelos, y Situaciones que de ordinario ſe ofrecen.

Lo



Lo primero que debe hacerſe, es reconocer y exâminar bien la naturaleza del Terreno en que ſe hayan de eſtablecer los Cimientos; y à eſte fin, ſe abren barrenos en diferentes parages, haſta la profundidad que convenga, para poder hacer concepto de ſu calidad, y conſiſtencia. Si el Terreno ſe compone de varias Tongas, ò Capas; es facil diſcernir ſu diverſa tenacidad, por el exâmen de las materias, ò ſubſtancias que ſaquen los barrenos.

Quando el Terreno es de buena conſiſtencia, haſta una profundidad regular, en toda la extenſion que ha de ocupar la Obra, no hay neceſidad de otra precaucion que la de abrir una Zanja de 4, ò 6 pies profunda, para eſtablecer el Cimiento: pero es preciſo proporcionar ſu anchura, con la elevacion de los Muros; pues quanto mas ſea eſta, tanto mayor ſerà el peſo que cargarà ſobre los Cimientos. Aunque eſta es una verdad que no neceſita de prueba, con todo, ſe deſentienden de ella los Arquitectos, y Practicos; por que ordinariamente proporcionan la baſe del Cimiento, con ſu altura, y no con la del Muro, y peſo que ha de ſoſtener.

Si ſe encontrare que el Terreno es de Greda fuerte, ò de Arena Mineral muy apretada haſta 10, ò 12 pies de profundidad, ſe podràn eſtablecer los Cimientos ſin recelo que flaqueen con qualquier peſo que los cargue.

En

Fig. 1.2. En las Figuras primera, y ſegunda ſe manifieſta la conſtruccion de un Muro ſobre Suelo firme y conſiſtente, como de Arena, ò Greda: las dos ò tres primeras hiladas ſe labran con buenas Piedras, ò Sillares; y la baſe del Cimiento reſalta 2, ò 3 pies ſobre el eſpeſor del Muro por la parte exterior, y un pie por la interior: Eſte reſalto ſe diſimula con bermas, ò eſcalones de un pie de ancho. Aunque ordinariamente ſe labran los Muros con eſtas bermas àcia la parte del Terraplen, juzgo inutil eſta pràctica; pues además de no haber motivo para rezelar que el Muro ſe traſtorne contra las tierras, ſe halla apoyado, y ſoſtenido por los Eſtribos que ſe le aplican, y por lo miſmo ſerà mas provechoſo à la robuſtez del Muro, dexarle las bermas àcia la parte del Foſo.

Quando el Terreno no es muy firme à proporcionada profundidad, ſerà neceſario eſtablecer el Cimiento ſobre un Enrejado de maderos, formado con una fila de Durmientes, que reciben otros Quartones, ò Vigas de traves, bien ligados, y clavados con eſtaquillas de madera recia. Algunas veces ſe cubren eſtos Enrejados con Tablones de tres pulgadas de

Fig. 3.4. grueſo, como ſe manifieſta en las Figuras 3, y 4; y en otros ſe rellenan ſus huecos con grandes Piedras, haſta la ſuperficie ſuperior de los Quartones, que de una y otra forma reciben el Cimiento.

Al-

Algunos Ingenieros ſon de opinion, que ſe eleve alguna coſa el Enrejado por la parte exterior del Muro, para que eſte reſiſta mejor al empujo de las tierras, y no ſe traſtorne por lo que pueda ceder el Suelo, como ſe ha experimentado diferentes veces. Eſta precaucion parece muy conducente à la ſeguridad de la Obra, ſingularmente quando los Terraplenes ſon muy elevados; y aun ſerìa mas provechoſo aſentar las hiladas de Piedra en el Cimiento con la propria inclinacion, haſta la baſe del Muro, la qual debe quedar horizontal, ſi lo eſtàn ſus hiladas. Es de eſtrañar, que algunos de nueſtros Ingenieros Ingleſes deſprecien eſta pràctica, manteniendo, que en toda claſe de Obra, neceſariamente ſe deben aſentar de nivel las hiladas de Piedra, y de Ladrillo; quando *Mr. Coehorn*, que tiene aſegurado el credito de muy inteligente en el Arte de conſtruìr, no ſolo en los Cimientos, ſino en toda la altura de los Muros, ſiguiò eſte metodo, como lo comprueba el *Abad Deidier* en ſu *Perfecto Ingeniero Francès*, donde aſegura, que reparando las Obras de *Manhein* (conſtruìdas baxo la direccion de *Mr. Coehorn*), ſe hallaron las hiladas de mampoſterìa perperdiculares al declivio exterior, cuya baſe es el ſexto de ſu altura, y los Muros ſolo tenian tres pies de eſpeſor en la parte ſuperior, ſin algun Eſtribo: Y como eſtos Muros han tenido ſuficiente ro-

buſtez para reſiſtir à las injurias del tiempo y à la preſion de las Tierras, es claro que el metodo de ſu conſtruccion, hace ventaja al que ordinariamente ſe practìca.

Si el Suelo fuere areniſco, ò de conſiſtencia deſigual, ſerà forzoſo fundar el Cimiento ſobre Enrejado de madera; y en general, quando no ſe tenga confianza del Terreno, aunque abſolutamente no ſe manifieſte de mala calidad, conviene ſervirſe del Enrejado para que la Obra no ſe baxe: Y me es preciſo volver à repetir, que ſiempre que el Muro, ò Terraplen ſea muy elevado, importa aſegurar el Cimiento del mejor modo poſible; pues mas vale gaſtar en èl alguna coſa mas, que no exponer la Obra à una corta duracion por una economìa indiſcreta, que al fin ſerìa muy perjudicial y gravoſa.

Es neceſario advertir, que quando ſe eſtablece el Cimiento ſobre enmaderados, ſe debe aſentar ſin mezcla la primera hilada de Piedra; por que de lo contrario, en poco tiempo ſe deſtruìrìa la madera con el eſpiritu corroſivo de la Cal; y por lo miſmo, ſe uſa de Greda fuerte para aſentar en eſtos caſos la primera hilada de material. Algunos Carpinteros ſuelen aforrar con Tablas delgadas, las cabezas de las Vigas que deben entrar en los Muros, cuya pràctica contribuye mucho à ſu duracion en los Edificios.

Quan-



Quando el Terreno es de tan mala calidad, que no pueda aſegurarlo el Enrejado, pero que à cierta profundidad ſe encuentra de buena conſiſtencia; ſerà preciſo clavar Eſtacas que puedan recibir los Maderos, del modo que ſe manifieſta por las Figuras 5, y 6: *Fig.* 5.6.
Eſtos Pilotes, ò Eſtacas deben colocarſe debaxo de los empalmes de los Quartones, que forman el Enrejado, haciendolos entrar à golpes de Mazas, haſta que el Terreno los reſiſta; y ſe une el todo con tarugos, ò eſtaquillas de madera recia, en lugar de clavos.

Eſte metodo de fundar los Cimientos, ocurre con mucha freqüencia en las Obras de Fortificacion; pero como es muy coſtoſo, importa no aplicarlo mas que en las ocaſiones, y circunſtancias que preciſamente lo requieran.

Para determinar la longitud de las Eſtacas, es neceſario clavar una ò dos, haſta la profundidad que permita la naturaleza del Terreno, y deſpues ſe pueden cortar de eſta medida las que ſe juzguen à propoſito para la Obra: pero ſi el Cimiento hubieſe de variar, ſerà preciſo proporcionar la longitud de las Eſtacas con la naturaleza del Terreno. De eſta forma ſe aſegura no gaſtar otra madera, de la que ſea neceſaria para afirmar los fundamentos; pues ſi las Eſtacas ſe cortaſen todas à un tiempo, y ſin exâminar la longi-

tud que deben tener, serìa factible, que unas resultasen muy largas, y otras muy pequeñas; y por consiguiente se consumirìa, è inutilizarìa mucha madera sin provecho alguno.

Se contentan con clavar las Estacas en los angulos opuestos de las quadriculas del Enrejado, despues de asentado sobre el Terreno, sin poner alguna debaxo de los empalmes, ò enlaces de los Maderos; pero esta pràctica es muy defectuosa, por que el Enrejado estriba inmediatamente sobre las Tierras, que siendo floxas, ò de mala calidad, cederàn al grande peso del Muro.

Otros, no solo las clavan debaxo de los enlaces, sino tambien en los angulos de las quadriculas: pero sin absoluta necesidad, no se deben hacer Obras tan costosas; pues solo convendrìa esta pràctica en algun Terreno, que siendo muy floxo, interesase consolidarlo, y apretarlo à fuerza de Estacas.

Ademàs de los Pilotes, que han de sostener el Enrejado, se clava otra fila de ellos àcia la parte del Foso, y al tope contra las Vigas de el Enrejado, para impedir que se mueva de su situacion. Estos Pilotes se representan por las letras *a*, *a*, *a*, y se ponen mas ò menos unidos entre sì, à proporcion de la buena ò mala calidad del Terreno.

Fig. 3, y 5. En los Cimientos representados por los Perfiles 3, y 5 se manifiesta, que el Madero del En-



Enrejado que cae àcia el Foſo, debe tener un rebajo para recibir la ariſta inferior del Cimiento; pues con eſta precaucion, no ſolo ſostiene al Muro, ſino le impide que ſe reſvale, ò traſtorne por el esfuerzo del Terraplen, y al miſmo fin ſe clavan otras Eſtacas contra la primera fila, que ſujeta el enmaderado. Por falta de eſta precaucion fuè arruìnada la Cara de un Rebellin en la Plaza de *Bergue-St. Vinoc*, en *Flandes*, ſegun dice *Mr. Belidor*. Lo miſmo ſe experimentò algunos años ha en eſte Muelle de *Woolwich*, que àcia el medio de ſu longitud ſe hundiò 5, ò 6 pies en el *Thameſis*, por que ſu fundamento ſolo era de Greda apretada, y nivelada haſta el lecho del Rio; y aun eſta preparacion hubiera ſido ſuficiente, ſi la hubieſen ſujetado con pilotage.

Se ha dicho, que en algunas ocaſiones ſe entablan los Enrejados para fundar ſobre ellos, y que en otras no ſe ſigue eſta pràctica: En donde haya abundancia de Piedra, ſe pueden eſcuſar los Tablones; pero ſon abſolutamente neceſarios quando la Obra ſe conſtruya de Ladrillo; por que ſiendo eſtos de pequeña magnitud, no ſe les podrà cargar mucho peſo, ſi no ſe aplican en toda ſu extenſion à las maderas.

Quando el Suelo es de Roca, conviene abrir en èl una caxa de 6 pulgadas de profundidad, para que reciba el Muro è impida ſe resbale, por la mala union, que de ordi- *Fig.* 7.

di-

dinario hace la mampoſterìa con la Roca. Deſpues de haber cortado la caxa, es neceſario limpiarla del eſcombro, y polvo, humedeciendola bien al tiempo de edificar en èlla; pues con eſtas precauciones, ſe inſinuarà la mezcla en los poros y pequeñas cavidades, y contribuirà à la mejor union del Muro con la Roca.

Aunque la Roca ſea uno de los mejores Suelos para fundar, con todo, ſuele preſentar graves dificultades en ſu natural diſpoſicion; por que hallandoſe muy rara vez de nivel, y que al contrario, ſus continuas deſigualdades hacen varìar el Perfil de la Obra; ſe ſigue que la mampoſterìa no podrà ligar, ni unirſe firmemente à la Roca, ſin tomar antes de edificar acertadas precauciones.

El mejor modo de proceder en eſtos caſos, es abrir en la Roca ſus caxas horizontales por la longitud del Muro: Deſpues ſe han de labrar con mezcla fina y buenos Sillares, todas las partes del miſmo Muro que eſtriben en los baxos de la Roca, haſta igualarſe con las mas altas; y en eſta diſpoſicion conviene dexar la Obra, haſta que ſe haya aſentado, y endurecido de manera que la continuacion del Muro no le haga ceder alguna coſa: por que es claro, que ſe abrirìa la Fabrica en aquella parte donde ſe une el Cimiento artificial con el natural, ò de Roca firme.

Su-



Sucede algunas veces, que es preciſo labrar un Muro ſobre el pendiente de una Roca; *Fig.* 8. y para aſegurar la Obra, es neceſario formar las caxas en eſcalera, principiar la conſtruccion por la parte mas baxa, elevarla 6 pies, y dexarla aſentar haſta que ſe endurezca: Deſpues ſe proſigue la labor elevandola otros 6 pies, y ſe vuelve à ſuſpender el trabajo, haſta que ſe conſolide lo executado. De eſta manera ſe ſigue haſta concluìr el todo: pero ſi la longitud del Muro fuere conſiderable, ſe podrà empezar en diverſas partes ſu conſtruccion, para que no falte trabajo à los Obreros.

Tambien ocurre de ordinario, que la Roca ſe eleva haſta la altura del Muro por ſu eſpalda, ò bien que eſte ſe ha de conſtruìr arrimado à un peñaſco: En uno, y otro caſo ſerà preciſo diſponer ſus caxas del modo que ſe ha explicado; y ſi el paramento exterior de la Roca, ò Peña, fuere muy liſo, convendrà picarlo, y abrirle diferentes cavidades, para que la mezcla ſe introduzca en ellas, y facilite ſu perfecta union con el Muro. Eſte debe labrarſe con lentitud, para que vaya adquiriendo tenacidad; pues de llevarlo con precipitacion, ſe deſpegarà de la Roca à proporcion que ſe aſiente.

Mr. Belidor, propone un metodo para conſtruìr los Muros en los caſos de que hablamos, y aſegura que le han practicado algu-

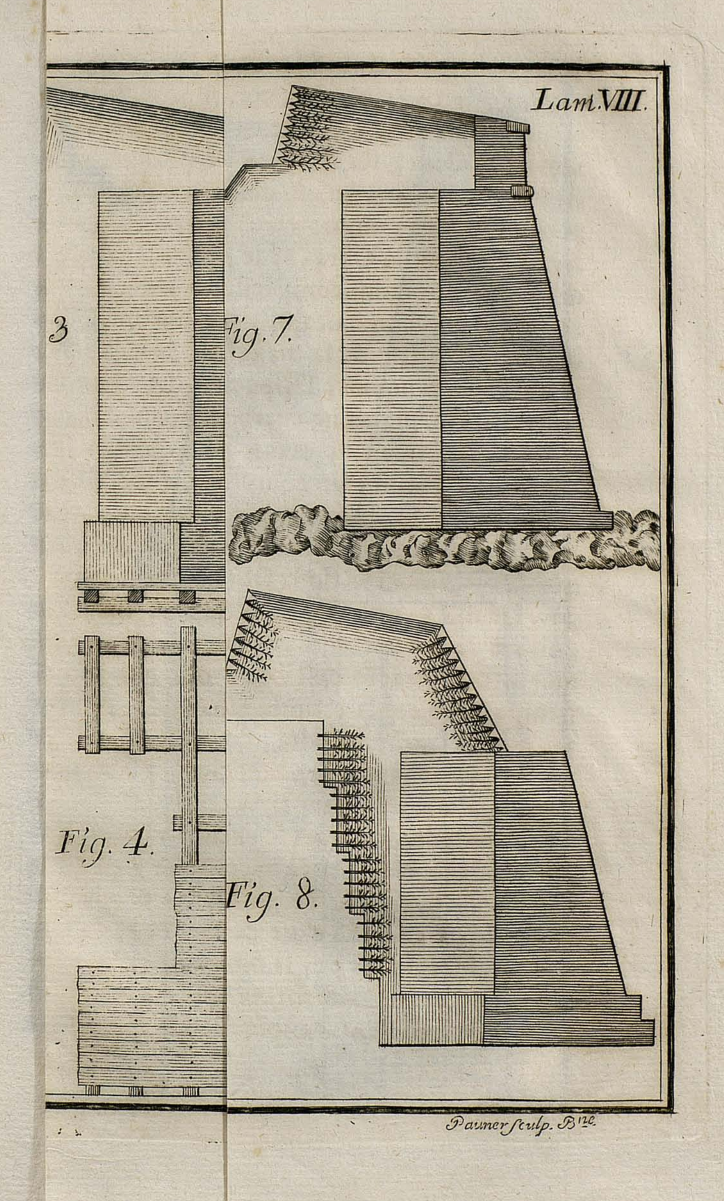
nos

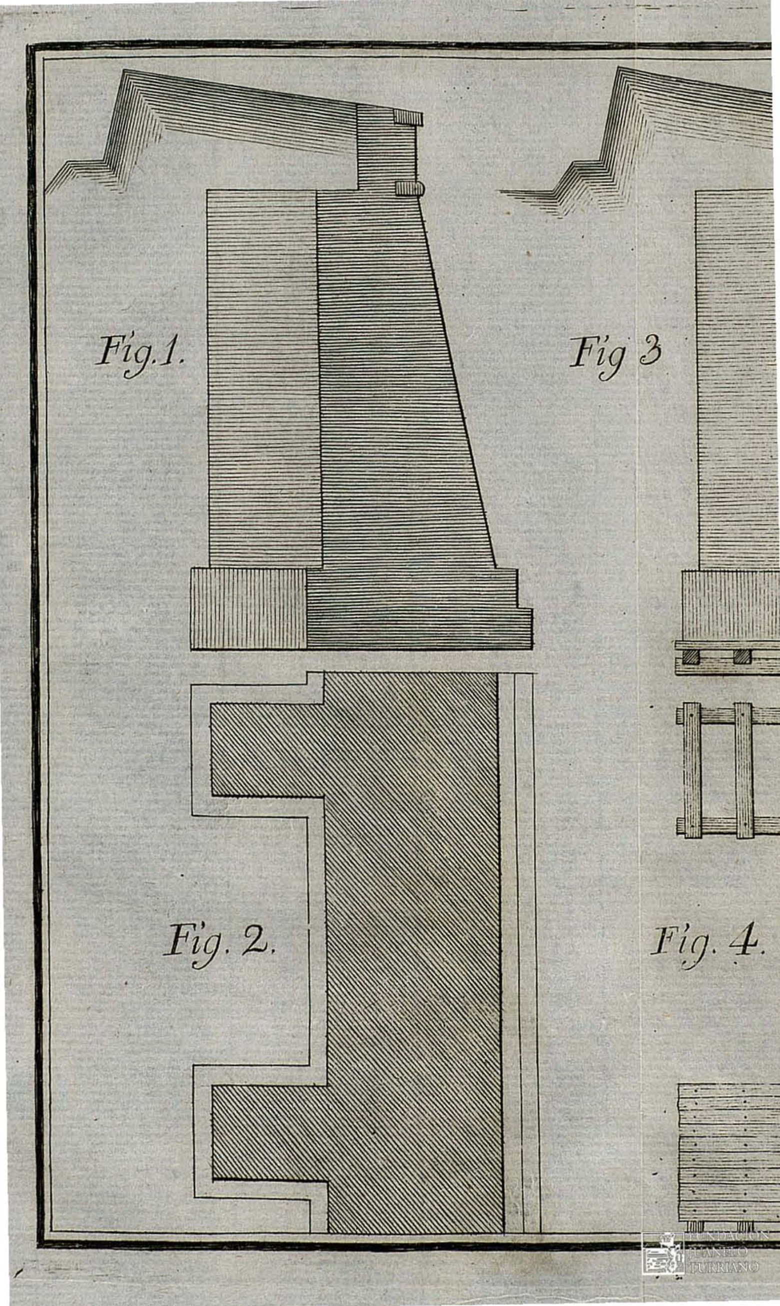
nos Ingenieros Francefes, con mucha utilidad en diverfas Obras: Confifte en difponer un Caxon de madera, fin fondo, y de proporcionada anchura para el gruefo del Muro: Efte Caxon le colocan à plomo en el parage donde fe ha de empezar la Obra, y le llenan de una efdecie de Hormigon, compuefto de buen mortero, mezclado con cafcajo, y piedras menudas que no excedan de la magnitud de una nuez poco mas, ò menos: Defpues fe dexa repofar hafta que la Obra tome cuerpo, y confiftencia; y luego defarman el caxon para que firva en otra parte. Facilmente comprehenderà el Lector, que la fuperficie fuperior de efta argamafa, debe quedar llana y de nivel, para que la continuacion de la Obra haga fu afiento por igual, y que quando eftè bien enxuta fe unirà à la Roca con mas firmeza, que qualquiera otro genero de labor; por que con el tiempo adquiere la propria tenacidad, y dureza que la mifma Piedra, como fe manifiefta, y lo acreditan varios Edificios, y Murallas antiguas de los Romanos.

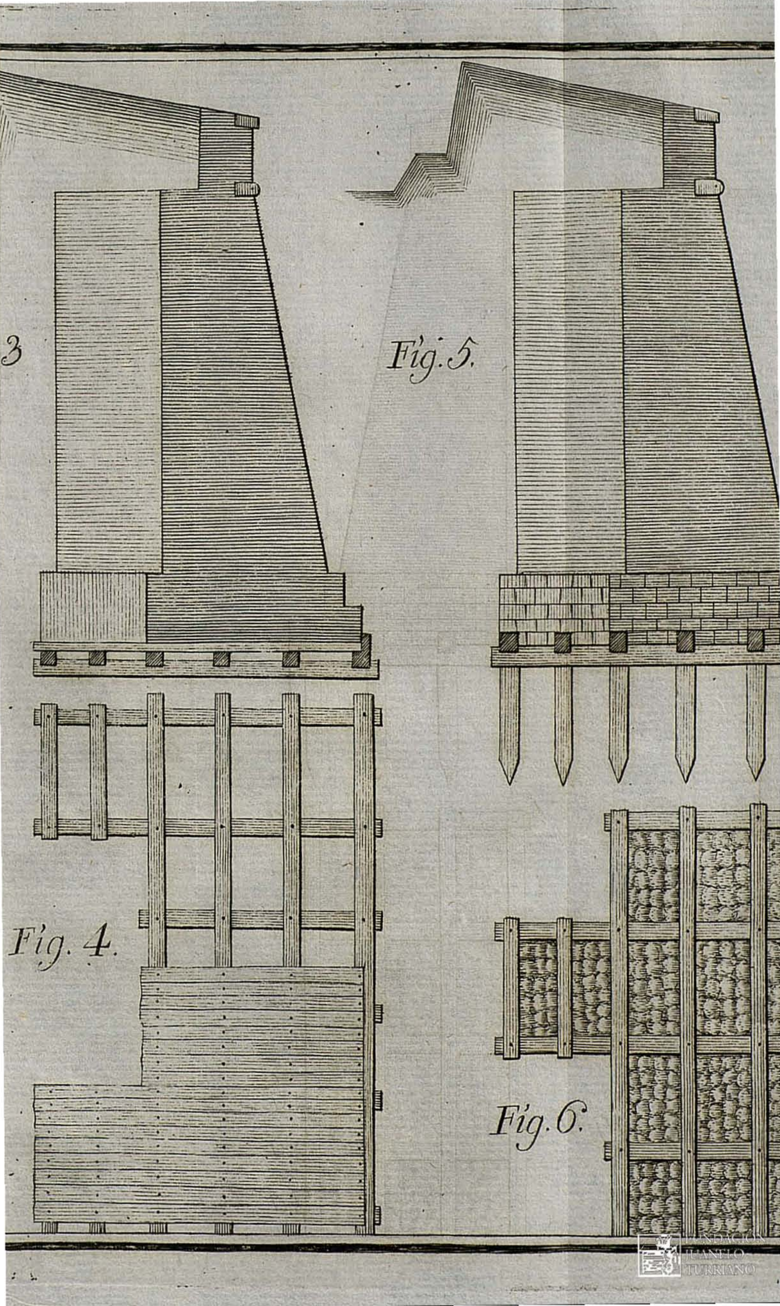
En algunos parages fe encuentra abundancia de buena Piedra para hacer Cal; y en eftos cafos no fe puede dàr mejor Obra, que la que fe conftruye con efta clafe de Piedra, y la Cal que produce; pues por la fimilitud de fus partes, fe unirà el todo de forma que con el tiempo fe convertirà en una fola Piedra.

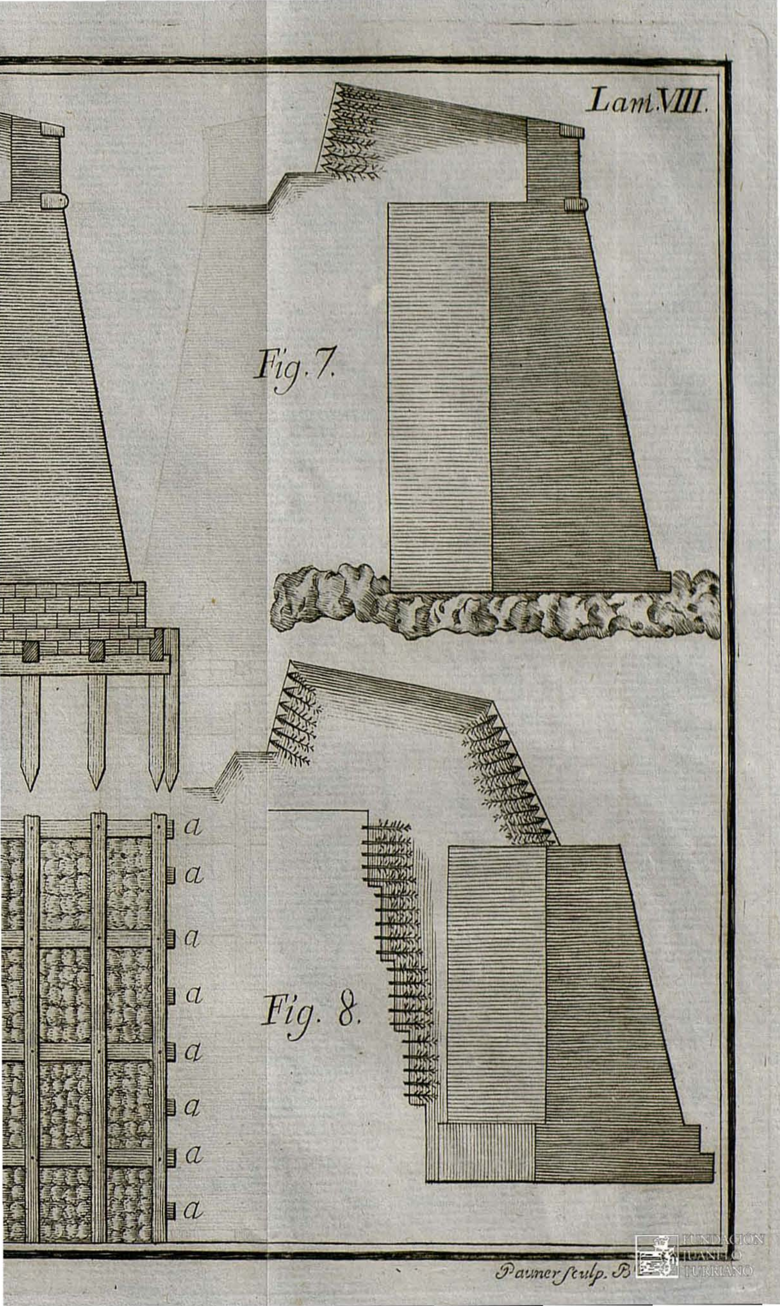
De-

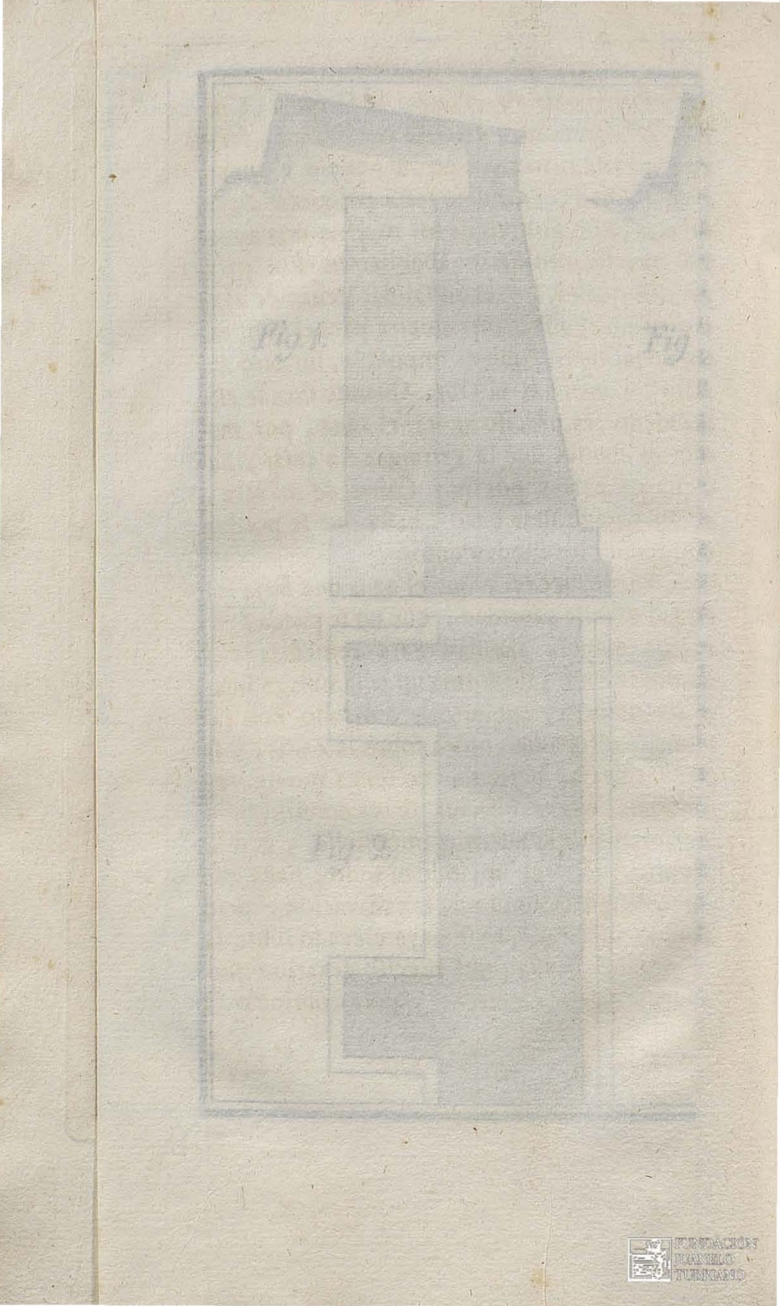



Lam. VIII.
3
Fig. 7.
Fig. 4.
Fig. 8.
Pauner sculp. B^na


Fig.1.
Fig 3
Fig. 2.
Fig. 4.


3
Fig. 5.
Fig. 4.
Fig. 6.


Lam. VIII.
Fig. 7.
Fig. 8.
a
a
a
a
a
a
a
a
Pauner sculp.


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

Debaxo de algun lecho de Cafcajo, Greda, ò alguna otra materia confiftente, fuele encontrarfe otro arenifco, ò aquofo à mayor profundidad, en quien feria peligrofo clavar Eftacas, con motivo de los muchos manantiales que de ordinario abundan en eftos parages, los quales, logrando falida, llenan de agua con prontitud la Zanja abierta para el Cimiento; de tal fuerte, que es impofible, fin otro auxîlio, continuar la Obra. Quando fucede efte accidente, es precifo agotar el agua, por medio de Baldes que la extraigan fin cefar, haciendola correr por una Canal de madera à algun parage mas baxo, hafta que fe puedan emprender los fundamentos.

Puede fuceder, que el agua que fluya fea en tan grande cantidad, que no fe pueda apurar de manera alguna: Para remediar efte inconveniente, fe forma un enfamblage fuerte de madera, cubierto y aforrado con tablones, el qual fe coloca fobre la Zanja, y fe afegura de tal fuerte que no tenga movimiento. Sobre efta explanada fe và conftruyendo el Cimiento con buena mampofterìa, y con fu proprio pefo irà baxando el todo, hafta que defcanfe en el fondo de la excavacion: pero quando el Cimiento fe haya elevado fobre la fuperficie del agua, ferà precifo dexarlo repofar hafta que fe endurezca, para continuar la Obra.

Esta pràctica, aseguran que es muy comun, tanto en *Rusia*, como en *Flandes*, y que una vez concluìdos los Muros, permanecen con la misma robustez que tendrìan sobre un Terreno firme. No hay duda, que esta Obra debe baxarse alguna cosa; pero la habilidad consiste en disponerla de tal forma, que descienda y se deprima por igual, à fin que no se quartee, rompiendose en diversas partes: lo qual no podrà evitarse de otro modo, que empleando buenos Materiales, mucho cuydado, è industria.

Aunque el Terreno no se manifieste aquoso sino à la profundidad de 5 ò 6 pies, importa establecer el Cimiento sobre un Enrejado de madera, extendido y robusto, no dando à la Zanja mayor profundidan de la que sea necesaria, y llevando toda la Obra con hiladas horizontales, sin empezar una, antes de acavar la antecedente, para evitar, en caso de ceder el Terreno, que la Obra se deprima, ò baxe desigualmente.

Este metodo de continuar los Cimientos con igualdad por todo el Recinto de la Obra, debe observarse siempre con atencion, à menos que se edifique sobre Roca, ù otra materia de naturaleza tan firme, que no pueda ceder con todo el peso que se le imponga: en cuyo caso, no habrà dificultad de principiar la construcion en diversas partes à un tiempo, cuy-



cuydando de ligar bien las porciones de Obra, con adharajas, ò redientes, para que no se abran por las uniones.

Algunos Suelos se hallan tan embebidos de agua, que lo mismo es abrir la Zanja para el Cimiento, que luego se difunde en èlla, y la llena en poco tiempo. En esta clase de Terreno, solo se ha de hacer la excavacion que en el mismo dia se pueda màcizar con el Cimiento, procurando elevarlo con prontitud sobre las aguas; pero à estos fundamentos importa darles mayor anchura que la ordinaria, dexandoles bermas, y labrandoles con mezcla de *Terrasa*, para que se endurezca lo mas presto que sea posible. Concluìdo en esta forma todo el Cimiento, se continua lo demàs sin embarazo alguno.

Este modo de establecer los fundamentos de una Obra, es muy comun en *Flandes*, donde *Mr. Vauban* tubo alguna dificultad para dirigirlos, hasta que algunos Practicos del Pais le impusieron en la forma de executarlos. Lo mismo he visto yo en *Dovay*; pues se abriò una Zanja de 40 varas de largo, y de 3 pies de profundidad, que inmediatamente la macizaron con el Cimiento, elevando toda la Obra hasta 6 pies: y aunque en el dia siguiente estaba cubierta de agua la mayor parte, con todo, permaneciò tan firme, como si se hubiera fabricado sobre un Terreno muy solido.

La grande variedad de Terrenos, y Situaciones en que ſe ofrece edificar, impide eſtablecer Reglas particulares para cada uno; pero en todo caſo, la mas ſegura, y que probablemente afianzarà el acierto, conſiſte en informarſe de los miſmos Operarios que aſiſtan, ò vivan en el parage de la Obra; por que eſta claſe de Gente, es por lo regular, quien ſabe à fuerza de experiencia el metodo que conviene ſeguir en eſtas Obras. Pero ſi preguntando à muchos ſobre un miſmo aſunto, difirieſen (como es lo mas comun) en ſus pareceres; el diſcernimiento del mejor, correſponde al juìcio, y capacidad del Ingeniero encargado en el reconocimiento del Terreno, ò en la direccion de la Fabrica que ſe intenta. No obſtante, aun tomando todas las precauciones, que pueda ſugerir la humana capacidad, ſiempre ocurriràn accidentes, que deberàn repararſe con prontitud, y en los quales tendrà ocaſion de inſtruirſe el Joven Ingeniero, para evitarlos en lo ſucceſivo.

En los metodos antecedentes quedan explicados los caſos que ordinariamente ocurren en la conſtruccion de los Cimientos ſobre Tierra, ò Roca; y en la ultima parte de eſta Obra, ſe tratarà de los que ſe eſtablecen dentro del agua, para Puentes, Incluſas, Muelles, y Eſpigones.

Me-



Metodo para principiar las Obras de una Plaza.

Antes de emprender la execucion de las Obras ſobre los Cimientos, es neceſario exâminar, por quales debe principiarſe. Algunos Ingenieros ſon de opinion, que lo primero que ſe ha de hacer es el Camino cubierto, perfeccionado, y aſegurado con ſu Eſtacada, à fin que los Enemigos no puedan embarazar la continuacion de las Fortificaciones. Eſta pràctica, ſolo podrìa tener lugar en tiempo de Guerra, y quando la Plaza eſtubiera expueſta à los inſultos del Enemigo; pero fuera de eſte caſo, ſerìa perjudicial: por que ſiendo muy dificil, determinar exâctamente la diſtribucion que ſe debe dàr à las Tierras, ſerìa factible dexar para las Obras exteriores mayor, ò menor cantidad de la que neceſiten, y por conſiguiente, reſultarìa en los tranſportes conſiderable aumento de gaſto.

Otros quieren, que ſe dè principio por los Flancos, y ſe ſiga con las Caras de los Baluartes, para que en caſo de que el Enemigo ſe acercaſe à impedir los trabajos, fueſe facil alexarle por medio de la Artillerìa colocada en los miſmos Flancos. Eſta Regla ſe puede ſeguir, ſiempre que los fundamentos ſean de buena conſiſtencia; pero de ningun modo

quan-

quando fueren de mala calidad ; por que edificando algunas porciones del Recinto , antes de que estè bien asentado y endurecido todo el Cimiento , resultarìan aberturas y grietas en el todo de la Obra , que la harìan de poca robustez, y mala vista. Lo proprio sucederà aunque el Terreno sea solido y consistente , mientras à la Obra no se le baya dando el tiempo necesario para su enxugo y asiento , segun queda explicado antecedentemente. Pero si se construyen todos los fundamentos del Recinto , elevandolos al mismo tiempo hasta 6 pies de altura , y se les dexa tomar el cuerpo y dureza suficiente , se podràn concluìr los Baluartes primero que otras Obras , sin rezelo de algun daño , y con mas razon , si fueren llenos; pues consumiendo gran cantidad de tierra , se logra la ventaja de conducirla por toda la extension de las Cortinas : en lugar que la que se emplea en los Terraplenes de estas , no se puede llevar comodamente por rampas , y pasos abiertos en los Baluartes. No obstante , los Ingenieros podràn tener al tiempo de la execucion, particulares motivos , que los incline a principiar con ventaja unas Obras antes que otras.

Despues de construìdos los fundamentos del Cuerpo de la Plaza , importa disponer las bocas , y puertas de las Atarxeas, y Albañares por donde se difundan à la Mar, ò Rio, asi las

aguas

águas de lluvias, como las inmundicias de la Ciudad, atendiendo à que los Conductos resulten con un pendiente proporcionado para que nada se detenga en ellos, à fin de evitar el que se azolven con freqüencia. Serà conveniente dirigir estos Conductos por las Necesarias, que se hayan de hacer en los Quarteles, para que las mismas lluvias las puedan limpiar sin costo alguno, y aun con esta precaucion se remediarà, que el mal olor sea nocivo à los Habitadores.

Si en los Baluartes se hubieren de construìr Almacenes para polvora ò municiones, ò algun otro Edificio, como Hospital para Enformos, ò Heridos en tiempo de Sitio; conviene fabricarlos al mismo tiempo que los Baluartes, para hacer de una vez las excavaciones, y transportes de tierras que resulten precisas. Asimismo, si ha de haber en alguna Obra Galerìas para Minas, se deben executar estas al proprio tiempo que aquella. En general, todos los Edificios, y Obras subterraneas, es necesario, que se construyan al mismo tiempo que los Muros y revestimientos de la Fortaleza: De que se sigue, que no solo se han de tener presentes los Planos, y Perfiles de las Fortificaciones, para construìr la Plaza, sino tambien, los que correspondan à la distribucion de los demàs Edificios que compongan el todo, con el Tantèo del coste de cada uno.

SEC-

SECCION VIII.

Metodo, que ſe ha de obſervar en la conſtruccion.

HAbiendo explicado ya quanto conduce à la naturaleza, y qualidades de los Materiales que ſe emplean en la conſtruccion, como tambien el modo de eſtablecer los fundamentos de los Edificios; nos reſta tratar ahora de las Reglas que correſponden para aplicarlos ventajoſamente en toda claſe de Obra; à cuyo fin principiarèmos por la mampoſterìa, que es la labor mas comun, y ſeguirèmos con las demàs claſes que eſtàn en uſo.

No hay duda, que las Obras que ſe conſtruyen con Piedra cortada, ſon las mejores de todas; pero como al miſmo tiempo ſon las mas coſtoſas, ſe ven pocas concluìdas de eſta eſpecie. La pràctica, que ordinariamente ſe ſigue, es la de labrar con Piedra de talla la parte inferior de los Muros, haſta 8, ò 12 pies de altura, como tambien los angulos ſalientes haſta el Cordon: y en todos los parages expueſtos al continuo choque de las aguas de Mar, ò Rio, ſe procura aplicar la Piedra mas ſolidad, que ſe encuentra; por que ſiendo de mala calidad, la desharàn, y arrancaràn las olas en poco tiempo, como ſucede en *Portſmouth.*

Las

Las Piedras de talla, ò Sillares labrados, ſe diſtinguen en *Soga*, y *Tizon*, ſegun el aſiento que ſe les dà en las Fabricas: Llamaſe Soga la Piedra, que ſe ajuſta por ſu longitud à la ſuperficie exterior del Muro, y Tizon la que ſe aſienta de traves: De forma, que en los Edificios de canterìa, ordinariamente ſe coloca la Piedra à Soga, y Tizon alternativamente; y en los angulos la que es Soga en un paramento, es Tizon en el otro.

Es neceſario, que eſtos Sillares ſalgan bien eſquadrados para que ſe ajuſten perfectamente por ſus lechos en la Obra, ſin permitir que los Albañiles ſuplan ſus defectos, como lo acoſtumbran, con cuñas de madera; por que en llegando èſta à podrirſe, reſultarà menos robuſto el Edificio, y por lo proprio, el uſo de las cuñas es opueſto à la buena conſtruccion.

Los Antiguos tenian mucha prolixîdad en la Fabrica de los Edificios pùblicos, pues con dificultad ſe percibia en algunos las juntas de los Sillares; à cuyo fin rozaban los lechos de unos con los de otros, y los aſentaban en toſco, ſin mezcla entre las juntas: Acabado el Muro, labraban y pulian la ſuperficie exterior, y reſultava tan ſolido, y tan hermoſo à la viſta, como ſi le hubieran hecho de una ſola Piedra. Eſte primor y diligencia no ſe practìca en el dia, y por lo miſmo ningun Edificio moderno, llega en robuſtez ni en perma-

nencia à los Antiguos. En las Columnas, y Pilaſtras de los mejores Edificios, que en eſtos tos tiempos ſe han erigido en Inglaterra, ſe advertirà, que las juntas tienen media pulgada de grueſo, y aun de mezcla tan inferior, que en pocos años ſe deshacen, y deſtruyen con gran deſcredito de nueſtros Arquitectos.

Regularmente ſe emplea ſolo la Piedra cortada en los paramentos de los Muros, y ſu interior ſe maciza con Piedra toſca, y deſigual, que llaman mampoſterìa ordinaria: pero es preciſo, que los Albañiles trabajen bien eſta claſe de Obra, aſentando la Piedra con buen mortero, y no dexando hueco alguno, que no eſtè lleno de ripiage y buena mezcla, para que las juntas ſean lo mas delgadas que ſe pueda.

Si el Muro ſe hubiere de eſtablecer en el agua, ſerà muy conveniente ſervirſe de mezcla de *Terraſa*, para conſtruìr los paramentos haſta la menor altura en que permanezca, ſiguiendo lo que le falte haſta la mayor elevacion que tomen las miſmas aguas, con mezcla de Cal, y Cenizas, ò polvo de Texa; pero aſi lo interior, como lo demàs del Muro, ſe podrà continuar con buen mortero, para no aumentar el coſte ſin neceſidad. Si todos los paramentos de los Muros ſe pudieſen labrar con mezcla de Cenizas, ò polvo de Texa, no ſolo ſe lograrìa el que fueſen mas permanen-



nentes, ſino tambien ſe evitarìa el gaſto, y embarazo de haberlos de reparar con freqüencia.

Eſtudiando los Albañiles el modo de lucrarſe, han encontrado el arbitrio de labrar los Muros con mezcla tan inferior, que apenas tiene la ſuficiente Cal para ligar la Arena, y al miſmo tiempo que elevan la Obra, vàn reſanando las juntas con buena mezcla; de forma, que à la viſta parece perfecta la Fabrica: pero ſu corta duracion, hace manifieſto el engaño, que ſe procurò encubrir. Eſta es la pràctica mas comun de los Aſentiſtas, y tambien la cauſa de las malas Fabricas que ſe hacen en Londres, y ſus cercanìas, donde ordinariamente ſe dàn las Obras por un tanto à los Alarifes, ſin que los Proprietarios ſe acerquen à exâminar ſi las executan bien, contentandoſe con que permanezcan el tiempo que las puedan difrutar.

Pero quando las Obras ſe conſtruyen por cuenta del Soberano, trabajan los Operarios con mucho mayor cuydado; por que conſtantemente ſe invigila en que las hagan bien, y en que ſe empleen Materiales de buena calidad.

El dorſo de los Muros principales, y Contraeſcarpas ſe debe labrar con buen mortero, haſta el eſpeſor de dos pies à lo menos, dandoles un año de deſcanſo, para que ſe enxuguen bien antes de aplicarles las Tierras; por

que de lo contrario, ſiempre ſe conſervarìan los Muros con humedad, que les impedirìa adquirir la debida conſiſtencia para reſiſtir el empujo de las Tierras, y por conſiguiente, no ſerìa dificil, que ſe tranſtornaſen por eſte defecto, como ſe ha experimentado en varias ocaſiones.

La conſtruccion de las Bovedas, y otras Obras ſubterraneas, piden diverſas precauciones ademàs de las que ſe han mencionado, las quales ſe explicaràn deſpues, quando ſe trate de eſte genero de Edificios.

Segun *Mr. Belidor*, la Piedra dura ſe debe aſentar en las Obras con mortero fuerte, y la Piedra blanda ò floxa con mezcla delgada, y ſuave; lo qual parece contrario à la naturaleza de los Materiales, y à la buena union, que ſe requiere en las Fabricas: por que ſiendo los poros de la Piedra dura muy pequeños y unidos, ſerà neceſario que la mezcla que ſe haya de inſinuar y pegar en ellos, ſea fina y ſuave; pero la Piedra blanda, que es muy eſponjoſa y tiene grandes poros, preciſamente no formarà Cuerpo con la mezcla, ſi eſta no fuere de proporcionada ſubſtancia, y craſitud para introducirſe en los poros, donde ſe ha de detener para ſujetar bien los Sillares: lo que no ſe podrà conſeguir con la mezcla muy fina, pues ſe embeberà en las Piedras, y no le quedarà actividad, ni fuerza para ligarlas. Eſta miſ-

ma

ma regla obſervan los Enſambladores; por que quando la Madera es dura, ſe ſirven de Agua-cola muy ſuave, y quando es tierna y eſtoposa, uſan de cola fuerte.

Las Fabricas de Ladrillo, ſe executan del miſmo modo que las de Piedra, en quanto al aſiento y diſpoſicion de la mezcla; pero es neceſario obſervar, que ordinariamente los Albañiles vàn elevando las hiladas de Ladrillo àcia el paramento anterior, para formar el declivio de los Muros, y de eſta mala pràctica reſultan las juntas tan grueſas, que con facilidad las deſcarna el temporal, y es preciſo reſanarlas cada dos ò tres años, como ſe ha viſto en diferentes Obras de eſta eſpecie. Fuera de eſto, conſtruyendo los Muros de eſta manera, reſultan ſus hiladas con una inflexîon, ò angulo àcia el Centro, y por conſiguiente, impedirà (como hemos dicho en otra parte) la buena union, y enlace de la Obra; en lugar, que ſi todas las hiladas ſe labraſen en un miſmo Plano perpendicular al declivio, lograrìan mejor union, harìan mas ſolido al Muro, y el todo reſiſtirìa ventajoſamente à la preſion de las Tierras.

Mantienen muchos, que las hiladas de Piedra, y de Ladrillo, deben ſiempre aſentarſe de nivel para que el Muro permanezca firme: pero eſta Regla ſolo tendrà buena aplicacion en los Edificios Civiles; por que en los Mi-

Militares, les dà esta disposicion menor fuerza para resistir al empujo de las Tierras, que quando se labran perpendiculares al declivio.

Siempre debe reflexîonar el Ingeniero el mejor metodo, que corresponda à la construccion de la Fabrica propuesta, sin sugetarse con nimiedad à las Reglas de los Obreros, los quales ordinariamente estàn preocupados de su antigua pràctica, y no saben apartarse de èlla. A caso el poco adelantamiento que se hace en la Fortificacion, no nace de otro principio, sino de el de haberse seguido unos Autores à otros, sin tomar diversos rumbos; pues qualquiera, que lea lo que hay escrito sobre este Arte, notarà con admiracion, las pocas alteraciones que se han hecho, y aun estas por la mayor parte, no han procurado ventaja alguna.

Importa à la buena construccion de las Obras de Ladrillo, que sus hiladas se asienten en buena mezcla, pero que las capas sean lo mas delgadas que se pueda, para que no se descarnen con el temporal, y se conserve mejor el todo.

Muchas veces se emplea Ladrillo, y Piedra à un mismo tiempo, especialmente quando no hay abundancia de Piedra. Esta pràctica puede ser util en varias ocasiones, y segun se disponga la construccion: por que si los Muros se labran à tongas de Piedra, y Ladrillo de seis pies de alto cada una, serà mejor Obra,

que



que la de Ladrillo ſolo; pues el mayor peſo de la Piedra contribuirà à la mayor firmeza, y ſeguridad de la Fabrica.

Quando hay eſcaſez de buenos Sillares, ſe ſuelen labrar con Ladrillo los paramentos anteriores de los Muros, macizando ſu interior con mampoſterìa ordinaria; pero como en eſta diſpoſicion no ſe une bien la Piedra con el Ladrillo, à menos que ſe tome gran cuydado para enlazar y encadenar perfectamente eſtos Materiales, reſulta ordinariamente una Obra de inferior calidad. Los Ingenieros Franceſes abrigan los Muros con unas faxas de Ladrillo en forma de cuñas, que preſentan el Plano inclinado deſde el paramento exterior, al interior, y macizan lo reſtante con buena mampoſterìa ordinaria; pero aun ſerìa mucho mejor, trabar el Muro de diſtancia en diſtancia, con Rafas de Ladrillo, ò pequeñas faxas de tres pies de grueſo, y dos de alto, que ſervirìan de cadenas, para unir y ſujetar bien el todo. Por ultimo, el exâmen de los Materiales, y la miſma inteligencia, y aplicacion del Ingeniero, le habilitaràn para diſcernir el modo mas ventajoſo, que deba ſeguirſe en la conſtruccion de los Edificios Militares.

SEC-

SECCION IX.

De la conſtruccion de las Obras Subterraneas.

LA conſtruccion de los Edificios ſubterraneos, pide mayores precauciones de las que neceſitan los que ſe erigen à deſcubierto; no ſolo por que deben ſer à prueba de Bomba, ſino tambien por que ſe ha de atender cuydadoſamente, à que la humedad no los penetre, è inutilice.

En las pequeñas Fortalezas, ſon indiſpenſables muchos Edificios ſubterraneos; por que nada eſtà ſeguro del alcance de las Balas, y de las Bombas, que todo lo deſtruyen. Para evitar eſte daño, importa conſtruir debaxo de tierra, no ſolamente los Almacenes que ſe neceſitan para polvora, municiones, y víveres, ſino tambien Alojamientos en que la Tropa de deſcanſo eſtè reſguardada, y Hoſpitales para Enfermos y Heridos: En lugar, que en las Plazas, que tienen baſtante capacidad, y extenſion, nunca faltan algunos parages retirados del rieſgo de la Artillería, en donde ſe pueden conſtruìr eſtas Oficinas ſin tanto coſto.

Pero antes de entrar en la ſituacion, y diſtribucion particular de cada uno de eſtos Edi-



Edificios, ferà bueno explicar las Reglas generales, que deben obfervarfe en fu conftruccion.

Como fon pocas las Obras de efta naturaleza que tenemos en Inglaterra, y que la mayor parte fe han dirigido por Perfonas de poca experiencia en ellas; expondrè el metodo que figuen los Francefes, con arreglo à lo que fobre efte afunto explica *Mr. Belidor* en fu *Science des Ingenieurs*, fupuefto que està fundado en la pràctica de los Ingenieros mas habiles, è inteligentes de Francia.

Es necefario conftruìr la mampofterìa, ò labor con el mayor cuydado pofible, afentando las hiladas de Piedra, ò de Ladrillo fobre buena mezcla de Cal, y Cenizas, ò polvo de Texa bien cocida, fin quedar el mas pequeño hueco por macizar, y dexandola repofar defpues de concluìda, hafta que haga fu afiento y fe endurezca perfectamente: Luego fe han de cubrir las Bovedas con una argamafa, que fe hace exprefamente de la manera que figue.

Efta argamafa fe compone de las Cenizas de los Hornos de Cal donde fe quema Carbòn de Piedra (19), las quales fe facan mezcladas

(19) En Cataluña, y otras Provincias de Efpaña, efpecialmente en Andalucìa à los margenes del Guadalquivir, fe encuentran muchas Minas de Carbòn de Piedra, que feria muy provechofo darlas ufo, para cocer los

con pequeñas particulas de Piedra calcinada: este ingrediente se prepara como el mortero, y se bate muy bien cada quatro ò cinco dias, por el espacio de seis semanas, pero sin ponerle mas agua que una corta porcion al principio; y se tendrà una pasta muy util para jaharrar las Bovedas que quieran preservarse de humedad. Tambien se dispone otra argamasa, para el mismo efecto, mezclando un tercio de buena Cal viva con dos tercios de *Tarrasa*, ò *Puzolana*, ò bien de polvo de Tiestos recocidos; pero siempre que se haya de hacer qualesquiera de estas argamasas, es necesario reducir à polvo cada uno de los ingredientes, haciendo pronto la mezcla para que la Cal no se evapore, y sin echarle mas agua que la precisa para incorporarla y batirla, en la forma que ya se ha dicho.

Antes de aplicar la argamasa à las Bovedas, es necesario que estè bien seca la Obra, y que se alegren sus juntas, descarnandolas con un hierro, y sacandolas todo el escombro y polvo, à fin de que humedeciendo lo firme del Material, se facilite la buena union de este con la argamasa: Despues se aplica esta à las juntas, comprimiendola con un Badilejo estrecho para

---

los Hornos de Cal, y de Ladrillo, como tambien para quemar en las Herrerias, y otras Fabricas, que sensiblemente van aniquilando los Montes.

ra que no quede hueco alguno, y de la propria pasta se echa sobre la Boveda una tortada de pulgada y media de espesor, que se procura bruñir y alisar con una Plana, hasta que adquiera cuerpo y consistencia. Esta tortada es menester humedecerla una vez al dia por algun tiempo, con un trapo ò estropajo embebido en lechada de la misma argamasa, y se debe bruñir inmediatamente con el Badilejo, ò Plana, cubriendola con hierba seca, ò paja, para que el calor del Sol no la abra; y se continua con el mismo metodo, hasta que no se vea en la tortada la menor grieta. Para mayor seguridad, conviene seguir humedeciendo la argamasa con la propria lechada por espacio de cinco ò seis dias, pero sin bruñirla ni preservarla del calor.

Quando se echa la argamasa sobre la Boveda, se ha de cuydar que resulte bien unida y extendida con igualdad, para que toda la Obra quede resguardada: Luego se ha de poner una tonga de quatro ò seis pulgadas de Arena fuerte muy apretada, sobre la qual se aplica otra de pie y medio de tierra bien pisonada, y se continua con tongas de tierra hasta llegar al Terrado de la Boveda. Esta pràctica, dice *Mr. Belidor*, se observò en las Torres Bastionadas del *Nuevo Brisac.*

Mas provechoso serìa echar sobre la tonga de Arena, otra de seis pulgadas de Greda

fuerte bien apretada, continuando lo restánte con buena tierra; por que de esta suerte se evitarà mejor que el agua penetre hasta la argamasa, que es el fin de aplicar la Arena.

Propone *Mr. Belidor* otro metodo para cubrir las Bovedas, que ha probado perfectamente en un famoso Naranjal que se construyò en *Versailles*, y es en esta forma: Despues de haberse enjugado bien la Boveda, cuyas juntas se alegraron y limpiaron, se cubriò toda con una capa de diez y ocho pulgadas de Piedra menuda, mezclada con polvo de Cal: sobre esta tonga se echò otra de quatro pulgadas del mismo polvo: luego se aplicò una capa de doce pulgadas de cascajo limpio, que se abrigò con otra de quatro pulgadas de polvo de Cal. De esta suerte, se continuò hasta el Terrado de la Bodeda, el qual resultò tan firme, que las injurias del tiempo no le han podido lastimar.

El mismo Autor añade, que algunas veces se cubre la primera capa de Piedra menuda, con una tonga de un pie de Greda, abrigada con quatro pulgadas de mortero, y lo demàs se maciza con buena tierra.

Para preservar los Muros de las Bovedas subterraneas contra el agua que filtre por las tierras, se les aplica por la parte exterior otros Muros de dos pies de grueso, labrados de Piedra seca y Arena. Estos Muros se elevan has-

ta

tà dos pies debaxo de las vertientes de la Boveda, y lo reſtante ſe concluye con buena mampoſterìa, que ſe cubre con la miſma argamaſa de la Boveda; y de eſta formà, quedaràn libres de humedad los Muros principales: Pero conviene, que el Muro ſeco baxe dos pies mas, que el ſuelo de la Boveda, para que en ſus fundamentos ſe puedan conſtruìr Canales, ò Atarxeas, por donde el agua ſe difunda al Foſo.

SECCION X.

De las Surtidas.

LAs Surtidas, que tambien ſe llaman Poternas, ſon unos paſos ſubterraneos, que conducen de las Obras interiores à las exteriores, como de los Flancos altos à los baxos, ò bien ſirven en medio de la Cortina para comunicacion de la Plaza al Rebellin. Quando ſe conſtruyen para el paſo de la Tropa ſolamente, ſe les hacen eſcalones à la entrada y à la ſalida, ſegun ſe repreſenta en las Figuras 1, y 2. *Lam. 9.* Pero ſe ha de notar, que ſiempre que el Terraplen no tenga ſuficiente altura, como en el caſo preſente que ſolo es de 15 pies, es meneſter diſponer la entrada 5 pies mas baxa que el nivel de la Plaza, para que la Boveda, que cubre el paſo, quede bien reſguardada contra el impulſo de las Bombas. La ſuperficie exte-

rior

rior de eſtas Bovedas, ha de tener la propria figura que la interior, y no en forma de Texado, como la quiere *Mr. Belidor*; por que no es poſible diſponerlas aſi quando el Terraplen ſea poco elevado. Tampoco debe exceder de 6 pies el ancho de la Surtida, ni de 8 $\frac{1}{2}$ ſu altura; pues de aumentar eſtas dimenſiones, no ſe podrà abrigar con la tierra que es neceſaria, para aſegurarla de los acaſos de un Sitio.

Para dar ſalida à las aguas que recoje la Plaza quando llueve, ſe practìca un Conducto debaxo de las Poternas ſituadas en las Cortinas, del modo que ſe manifieſta en el Perfil;
Fig. 1. pero ſolo ſe executan aſi quando los Foſos ſon de agua, pues en los ſecos, ſe harìan charcos delante de las Surtidas, que no ſolo eſtorbarìan el paſo, ſino que en tiempo de Verano produciìan mal efecto para la ſalud de la Guarnicion.

Eſtos paſos ſubterraneos, ſe aſeguran à la entrada, y à la ſalida con fuertes Puertas de madera bien herradas: La exterior ordinariamente ſe tapia con un Muro en tiempo de Paz, dexando una Claravoya para que las maderas ſe ventilen y no ſe pudran. Los Muros laterales, como tambien la roſca de la Boveda, tienen dos pies de eſpeſor; pero à los primeros ſe les añade medio pie de Eſcarpa àcia las tierras: y en eſta diſpoſicion, no ſon neceſarios los Contrafuertes, que dicta *Mr. Belidor*;

por

por que ſin ellos tienen los Muros ſuficiente robuſtez, para contrareſtar el empujo de las tierras, como lo verifican los Calculos. La Faxa blanca ſobre el Perfil de la Boveda, repreſenta la Tortada de argamaſa que la cubre, y el eſpacio punteado manifieſta la Tonga de Piedra ſeca, de que ſe hablò antecececedentemente. El Murò de la entrada ſe eleva 3 pies ſobre el Terraplen, para evitar que la Gente ſe caiga con la obſcuridad.

A los lados de eſtas Surtidas ſe conſtruyen ordinariamente unos pequeños Almacenes, que en tiempo de Sitio ſon muy provechoſos para tener à la mano polvora, y municiones con que proveer en las noches à las Obras exteriores; y ſu capacidad debe proporcionarſe con los efectos que ſe hayan de conſervar en ellos. Los que ſe repreſentan en la Figura 2. tienen 18 pies de fondo, y 15 de ancho; pero es preciſo notar, que ſu magnitud tambien depende de la altura del Terraplen; pues les ha de quedar ſobre las Bovedas 3 pies de tierra, para aſegurarlos contra las Bombas. Las Bovedas, y Muros deben tener 3 pies de eſpeſor, dando à eſtos un pie de declivio àcia las tierras, y ſin aplicarles Contrafuertes.

Si las Poternas hubieren de ſervir para conducir Artillerìa à las Obras exteriores, ſe- *Fig.* 3.4.
rà preciſo hacerlas con un declivio bien ſuave, del modo que ſe manifieſta en las Figuras 3, y

4;

4; y en eſte caſo deben tener de 8 à 9 pies de ancho, conſtruyendo eliptica ſu Boveda quando el Terraplen ſea muy baxo. De forma, que en la diſpoſicion, y execucion de eſtos paſos, ſe ha de atender à ſu deſtino, y al Perfil del Terraplen; pues de la convinacion de uno y otro ſe deben deducir las dimenſiones que les ſean mas convenientes.

Quando ſe conſtruyen las Poternas en declivio, tambien ſe han de formar ſus Muros con hiladas horizontales haſta el arranque de la Boveda, y las de eſta han de ſer perpendiculares al ſuelo de la miſma Surtida, como ſe manifieſta en la Figula 3. A la entrada, y à la ſalida ſe ponen dos hojas de puertas, para que no ſe embarace el paſo al Tren de Artillerìa, y algunas veces ſe ſuelen aplicar otras puertas en el medio, para defender mejor el paſo, à cuyo efecto ſe les hace un poſtiguillo para retirarſe, y aſpilleras para hacer fuego.

Los Muros deben tener dos pies y medio, ò tres de eſpeſor junto al Cimiento, en que ſe comprehende la baſe del declivio exterior; de forma, que al arranque de la Boveda ſe ha de reducir à dos pies, ò dos pies y medio, que es el grueſo que tambien ſe debe dàr à la roſca; ſin que haya neceſidad de aplicar Eſtribo alguno, por las razones que ya ſe han dado. Los Repueſtos de uno, y otro lado de eſta Poterna, tienen catorce pies de fondo, y lo miſ-

mo



Lam. IX.

Fig. 1.

erna con e n declivio.

Almacen.

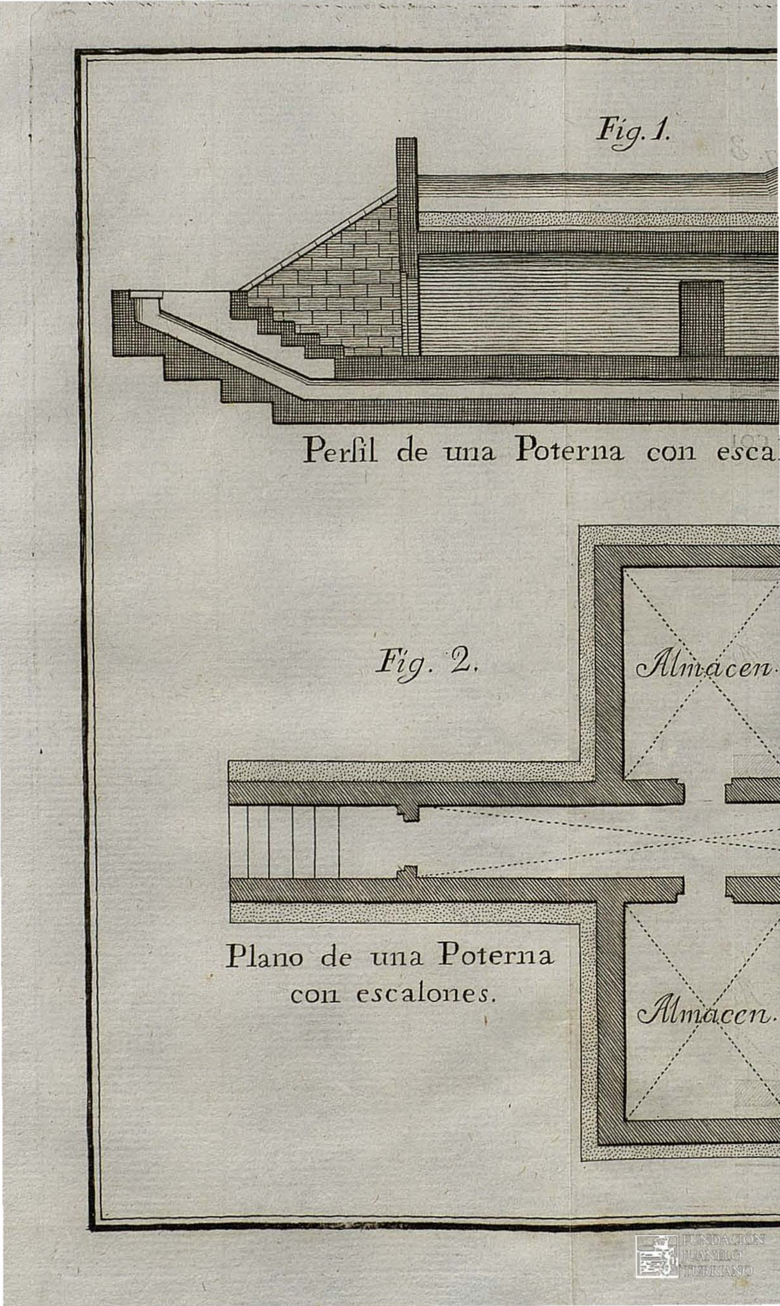
Fig. 4.

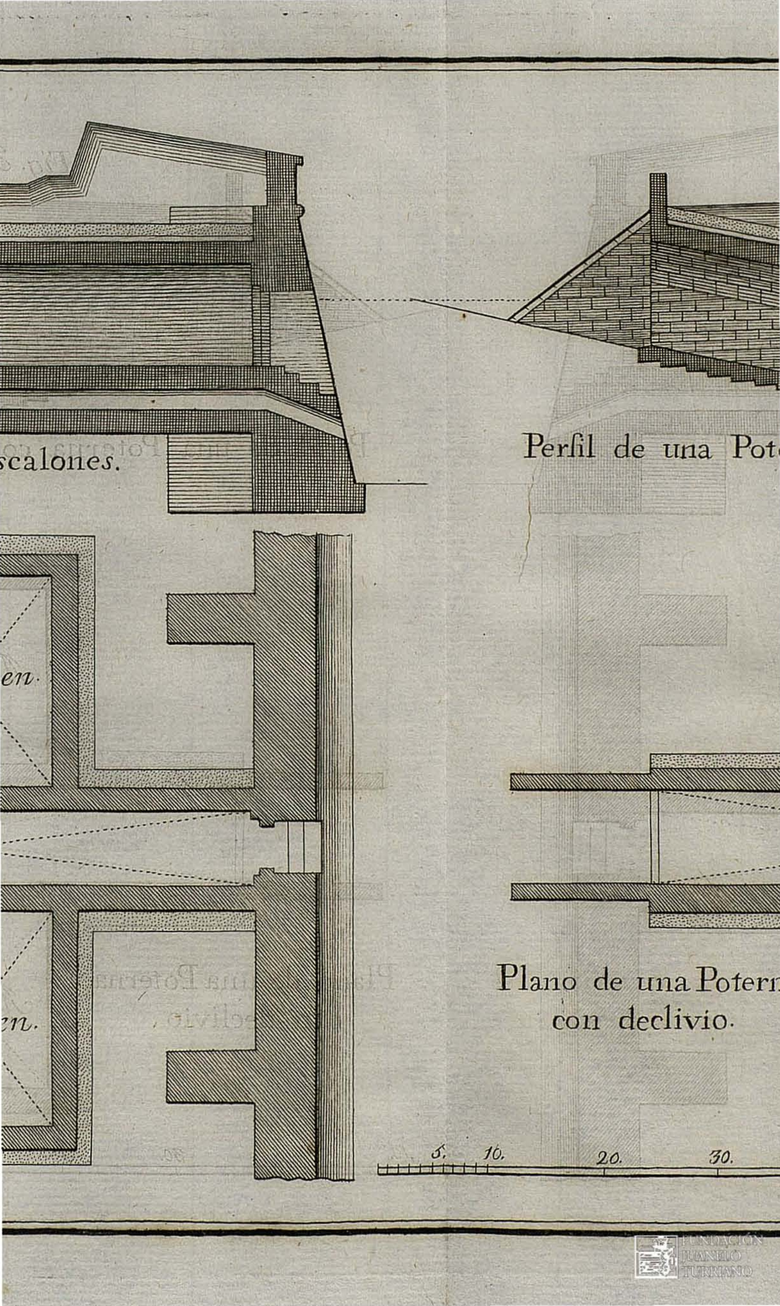
Almacen.

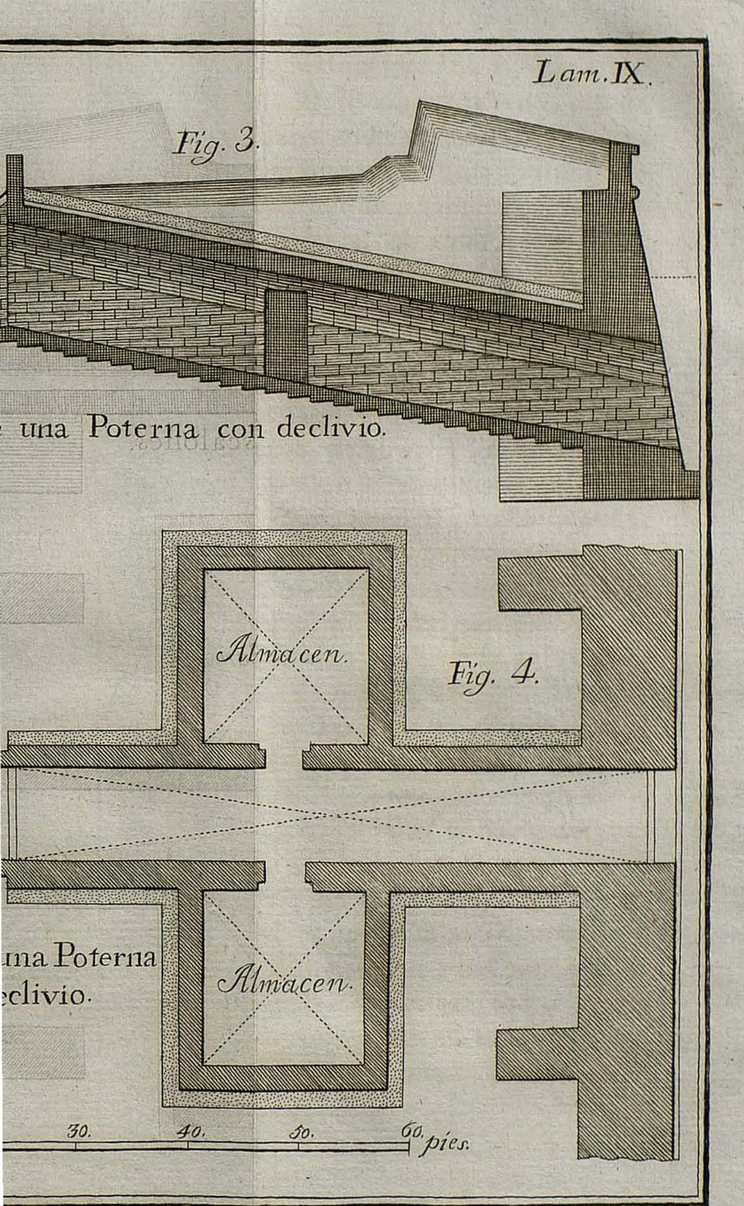
50. 60. pies.

Pauner Sculp. Bne




Fig. 1.
Perfil de una Poterna con esca
Fig. 2.
Almacen.
Almacen.
Plano de una Poterna
con escalones.


scalones.
Perfil de una Pot
en.
en.
Plano de una Potern
con declivio.
5.
10.
20.
30.


Lam. IX.
Fig. 3.
una Poterna con declivio.
Almacen.
Fig. 4.
una Poterna
eclivio.
Almacen.
30.
40.
50.
60.
pies.
Pauner sculp. Bnc

mo de ancho, dando de grueſo à ſus Muros medio pie mas que à los del paſo. Las Bovedas de eſte, como las de los Almacenes, ſe cubren con una Tortada de argamaſa, y una tonga de Arena ò de Caſcajo; y à ſus Muros ſe les arrima otros de Piedra ſeca, en la forma que ſe ha explicado antecedentemente.

En las Plazas, cuyos Foſos ſe conſervan llenos de agua corriente, ſe diſponen eſtas Surtidas para dàr de beber à las Caballerìas en tiempo de Guerra; y en el de Paz ſe ſuelen tapiar por la parte exterior, ò bien ſe aſeguran con buenas Puertas de madera, guarnecidas de hierro. En quanto à los fundamentos, y otras particularidades de la conſtruccion de las Poternas, no hay neceſidad de mayor explicacion de la que ſe ha dado para otras Obras.

Debaxo de los Baluartes, ſe conſtruyen Caſernas, que ſon muy proprias para Hoſpitales, Almacenes, Panaderìas, y Hornos, ò bien ſirven para alojar la Tropa en ellas. Eſtos Edificios conſiſten en una Galerìa ſobre la Capital, con tantas eſtancias à uno y otro lado, como ſe juzgan neceſarias para la ſubſiſtencia de la Guarnicion, y defenſa de la Plaza: Algunas tienen Reſpiraderos, y otras Chimeneas, que ſalen ſobre el miſmo Adarve del Baluarte. Su colocacion es ordinariamente en los Baluartes que han de tener Caballeros; por que en eſte caſo no hay neceſidad de hacer el piſo de eſtas

Obras mas baxo que el de la Plaza, pues siempre queda sobre las Bovedas suficiente cantidad de tierra para resistir al esfuerzo de las Bombas. Por lo que toca à su particular construccion, no difieren las Reglas de ella de las que ya se han dado antecedentemente.

SECCION XI.

De las Casamatas en el Rebellin.

UNa de las Obras exteriores mas esenciales es el Rebellin, y por lo mismo nada contribuye tanto à una larga, y valerosa defensa, como hacerlos capaces de toda la resistencia posible; pues una Plaza bien defendida, jamàs puede rendirse hasta que el Enemigo se apodere del Rebellin en el Frente atacado. *Mr.Coehorn*, y algunos otros Autores de Fortificocion, opinan que en los Rebellines se deben poner Flancos con Casamatas; y aunque diferentes Ingenieros reputan estas Obras por muy necesarias, yo por lo menos no concibo que lo sean, pues no alcanzo razon alguna que las apruebe. En esta duda serà bueno exâminar su uso y utilidad, para que los Jovenes Ingenieros no se preocupen con algunas opiniones mal fundadas.

El Rebellin no puede ser defendido por sus proprios Flancos: luego el destino de es-



tos neceſariamente ſerà para defender alguna otra Obra: como las Caras de los Baluartes adjacentes en que ſe abren las Brechas, el paſo del Foſo principal, ò el Camino cubierto. Pero como el Rebellin del Frente atacado ordinariamente ſe rinde, ò ſe le deſtruyen ſus defenſas antes de aſaltar à los Baluartes, valiendoſe de las Bombas, y de Baterìas à rebote; es evidente, que los Flancos en el Rebellin del Frente atacado, no conducen para ſu defenſa, y por lo miſmo no ſon de uſo alguno. Ni tampoco ſon de mayor utilidad los de los Rebellines de los Frentes contiguos al del ataque; por que no pudiendoſe plazar en ellos ſino un corto numero de piezas de Artillerìa, ſeràn luego deſmontadas por los Sitiadores con las Baterìas que diſponen para deſtruìr las defenſas, que miran àcia el ataque. Ademàs, las miſmas Baterìas que deſtinen los Enemigos para abrir la Brecha, deſcubriràn obliquamente los Flancos de los Rebellines; y toda la incomodidad que eſtos pueden cauſar, ſerà la de que obliguen al Sitiador à que eſtablezca dos Baterìas de quatro Cañones para deſtruìrlos. En eſta conſideracion, ſe dexa al buen juìcio y prudencia del Lector, el diſcernimiento de ſi hay neceſidad de hacer Obras tan coſtoſas, y de tan corta utilidad, ò ſi ſerìa facil diſponer otras de mejor defenſa, ſin mayor gaſto.

Sin embargo de que el Rebellin del Frente atacado en *Bergen-op-zoom* tenia ſus Flancos con Caſamatas, no dexaron de rendirſe al miſmo tiempo que los Baluartes, ſin dar tiempo los Franceſes, para que los Defenſores diſparaſen ſus Cañones. Es verdad, que eſte accidente no ſe atribuyò tanto à la mala diſpoſicion de las Obras, como à la inſuficiencia de los Defenſores, ò à otro motivo improprio para darſe al Pùblico.

El mejor modo de aſegurar los Rebellines, quando los Foſos ſon ſecos, conſiſte en hacer Reductos en ellos, con ſu Parapeto de 12 à 15 pies de eſpeſor, y dos pies mas baxo que el del Rebellin. Eſte eſpeſor es ſuficiente, por que ſolo ſe puede ver el Parapeto deſde el Terraplen del miſmo Rebellin: y ſi la Contraeſcarpa tubiere Caſamatas, en la forma que ſe *Lam.* 10. *Fig.* 1. 2, y 3. repreſentan con lineas de puntos en el plano (Fig. 1.), y mas indibidualizadas en la Fig. 2; parece dificil, que el Enemigo ſe ampare en poco tiempo del Rebellin.

Para reſguardar la comunicacion de las Obras del Reducto con las del Rebellin, y de eſtas con el Camino cubierto, ſe diſponen Traveſes en el Foſo, como ſe manifieſtan en L, L Fig. 1., ò en *l*, *l*, Fig. 3. Eſtas Caſamatas tienen dos entradas E, E (Fig. 2.) por el Foſo, y las cubre una Caponera, que ordina-

nariamente ſe conſtruye deſde la Cortina, haſta la Gola del Rebellin opueſto. Aſimiſmo ſe diſponen dos eſcaleras D, D, para ſubir al Reducto, y otras dos en el nivel del Rebellin, para la facil comunicacion del todo : de forma, que ſi el Enemigo ſe apodera de una de las Caras del Rebellin, ſe podrà retirar por la otra la Guarnicion, y lo miſmo ſe puede hacer quando ſe rindan las Caſamatas de la una parte.

Como los Sitiadores no pueden rendir eſtas Obras ſino valiendoſe de las Minas, importa dexar en la grande Galerìa A, A, bocas, ò aberturas à diſtancias proporcionadas, para diſponer y llevar Contraminas por debaxo del Terraplen, y detràs del Parapeto en todas direcciones, à fin de poder reſiſtir à los Minadores Enemigos, como tambien para oponerſe à todas las tentativas que puedan hacer, yà ſobre la tierra, ò yà por ſus entrañas; de tal manera, que ſiempre ſe aventuren mucho en el ataque de la Obra que quieran aſaltar.

La abertura, ò puertas de eſtas Galerìas en los Foſos del Rebellin y Reducto, ſe deben aſegurar con fuertes puertas de madera, guarnecidas de hierro; y à corta diſtancia ſe ponen otras con ſus poſtigos y aſpilleras para favorecer la retirada, y defender el paſo, ſiempre que el Enemigo lo intentaſe por eſte parage; pues lo conſeguiria con facilidad, ſino lo hallaſe bien fortificado.

A los Muros de estas Obras subterraneas, les basta dos pies de espesor, con su declivio de medio pie por la parte de las tierras; lo qual serà suficiente para contener el todo, respecto que la misma Boveda los sostendrà contra la presion de las tierras. Los Muros que separan los Alojamientos B, B, no sirven tanto para fortalecer la Contraescarpa, como para evitar que las Bovedas se eleven mucho, y por lo mismo se hacen elipticas ò escarzanas. Estos Alojamientos tienen 10, ò 12 pies de claro, y lo mismo se les dà à las grandes Galerìas, para que las Bovedas resulten bien unidas y sostenidas mutuamente: El fondo de los Alojamientos es de 8, ò 10 pies; y por consiguiente toda la latitud de la grande Galerìa y Alojamiento, se comprehende entre 18 y 22 pies.

El piso de estos subterraneos debe estar 18 pulgadas mas elevado que el del Foso, para preservarlos de humedad, dando à los Muros por la parte interior de 7 à 8 pies de alto, con sus aspilleras àcia el Foso, para que sirvan de respiraderos, y se ventilen los Alojamientos. Todo lo demàs se demuestra suficientemente en el Plano y Perfil, sin que sea necesario hacer mayor explicacion de esta idea. Lo unico que hay que advertir es, que las Bovedas que cubren las entradas E, E, y las escaleras D, D, deben

ha-



hacerse Conicas, cuya union y modo de formarlas no presentan dificultad alguna.

Mr. Coehorn dispuso estas Galerìas por toda la Contraescarpa de *Bergen-op-zoom*, con aspilleras al Foso para la mosqueterìa; y en los angulos entrantes de las Plazas de Armas, estableciò Alojamientos semejantes à los que se representan aqui, à los quales llamò Tambores: Asimismo, para asegurar la entrada sobre el Terreno, mandò construìr un Traves à cada lado de la escalera, y les guarneciò con Estacadas. Como estos Alojamientos fueron los que de todas sus Obras hicieron mejor defensa en el ultimo Sitio, no queda duda en que son muy provechosos en una Fortaleza. Pero la Galerìa de la Contraescarpa, no fuè de otra conveniencia que la de Alojar en ella la Tropa con seguridad, y la de poder abrir las Minas debaxo del Camino cubierto, y Explanada: Asi, ò se pueden escusar, ò hacerlas solo de 6 à 8 pies de ancho, que serà suficiente para el intento; y en esta forma costarìan poco mas que el Muro con Estribos, pudiendose poner en ellas de trecho en trecho sus puertas de madera con aspilleras, para esforzar la defensa, y facilitar la retirada.

Las Casamatas debaxo de las Plazas de Armas no se deben despreciar de ningun modo, y para asegurar su comunicacion con las mismas Plazas de Armas, importa construìr

Re-

Reductos à 12, ò 15 pies del Parapeto, con su pequeño Foso seco àcia la Campaña. Por este medio las Plazas de Armas seràn capaces de mantener distante mucho tiempo al Enemigo, haciendole perder sobrada Gente para rendirla, como sucediò à los Franceses sobre *Bergen-op-zoom*.

Es de observar generalmente, que una Fortaleza sin Obras subterraneas, se puede defender muy poco en los tiempos presentes; por que la gran cantidad de Artillerìa con que se Sitian las Plazas, inutiliza en breve sus defensas. Por lo mismo es preciso, que el Ingeniero que emprenda la construccion de una Fortaleza, aplique toda su ciencia y habilidad para disponer las Obras subterraneas, que mejor se adeqüen à la naturaleza de la situacion, economizando el gasto en quanto sea posible; por que este genero de Obras, naturalmente son muy costosas.

SECCION XII.

De las Casamatas en los Flancos.

MRs. *Coehorn*, y *Vauban*, fueron muy apasionados de los Flancos con Casamatas: El primero los aplicò asi en los Rebellines de *Bergen-op-zoom*; y el segundo los hizo construìr en sus Torres bastionadas del *Nuevo Brisac*:



Lam. X.

Fig. 1.

C

B

a

L

a

E

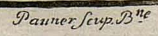
60 50

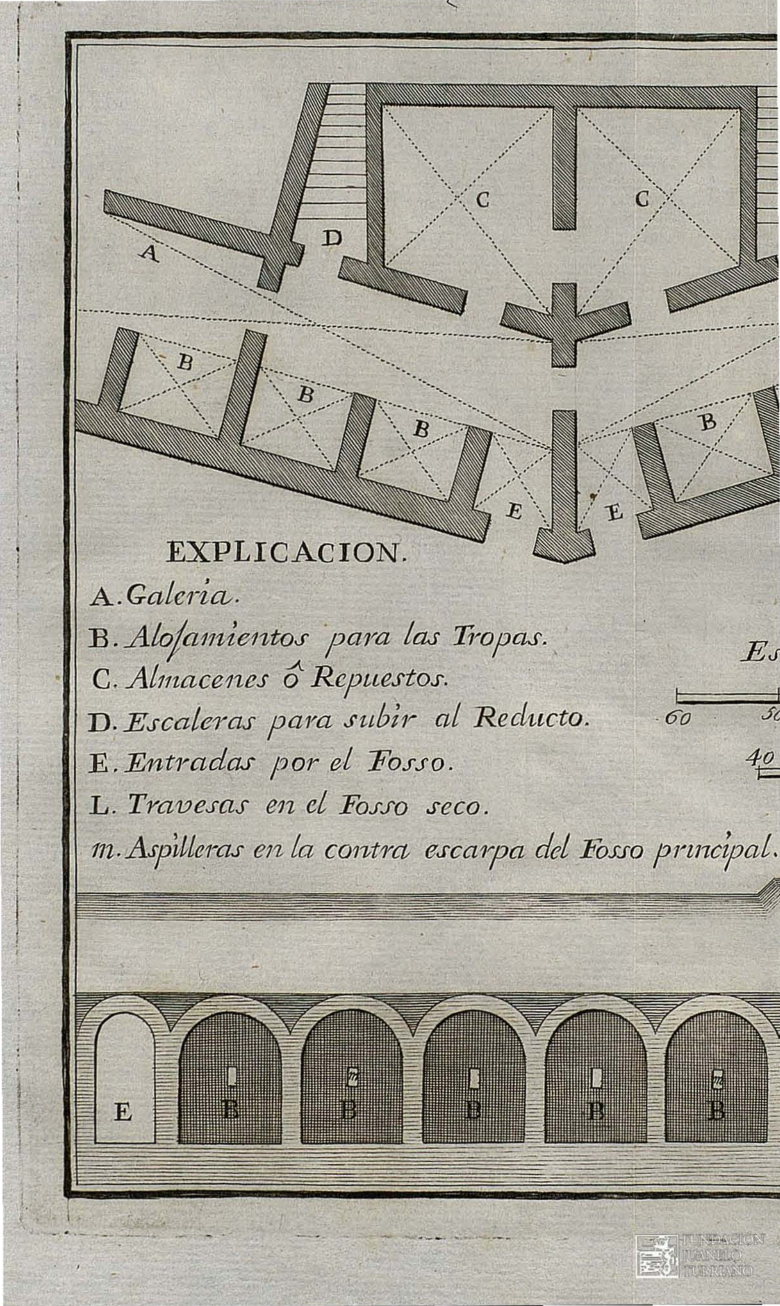
40

principal.

B B B B

1




A
D
C
C
B
B
B
B
E
E
EXPLICACION.
A. Galeria.
B. Alojamientos para las Tropas.
C. Almacenes ô Repuestos.
D. Escaleras para subir al Reducto.
E. Entradas por el Fosso.
L. Travesas en el Fosso seco.
m. Aspilleras en la contra escarpa del Fosso principal.
60
40
E
B
B
B
B
B

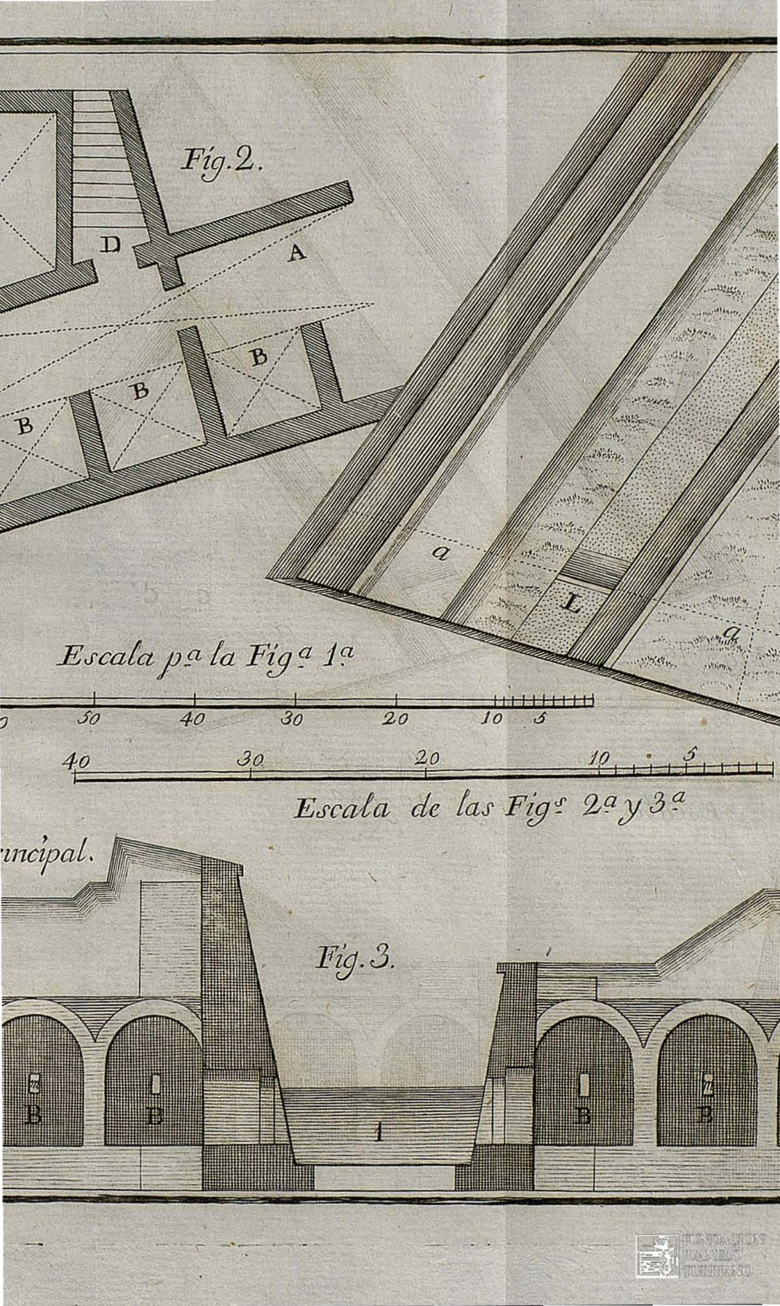
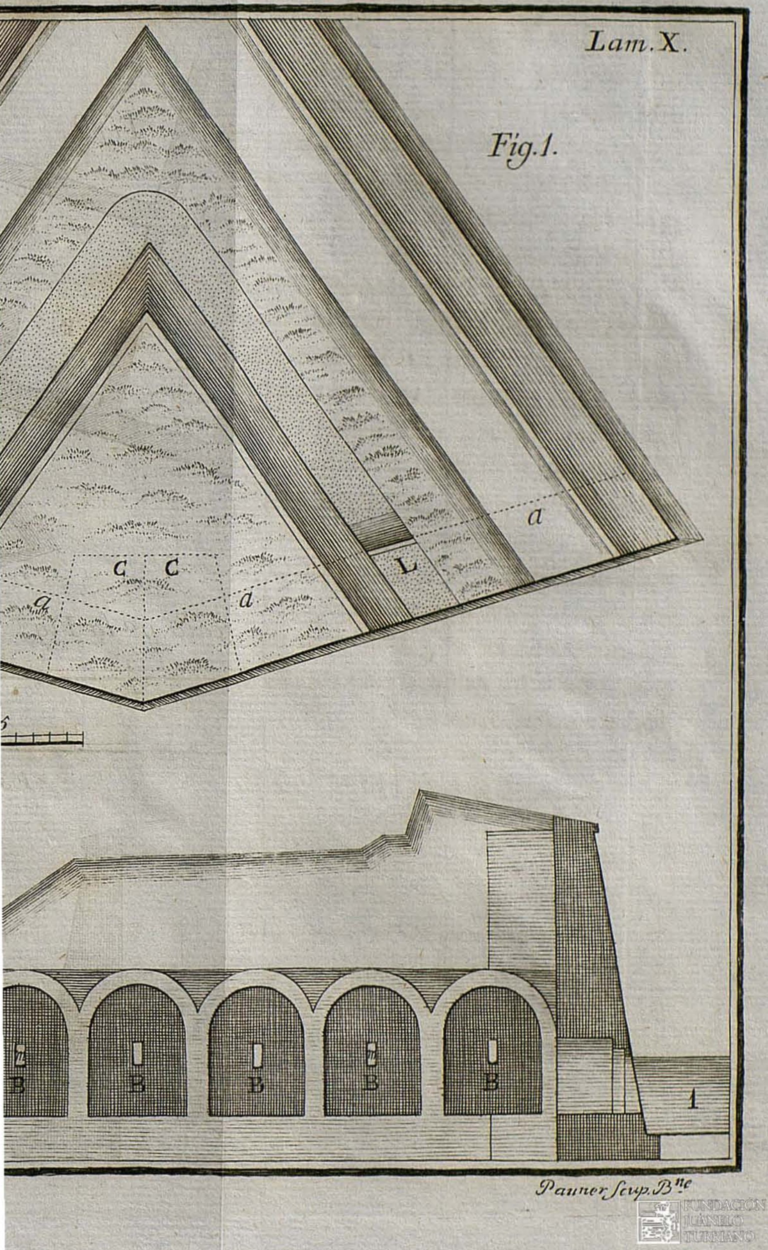


Fig. 2.
D
A
B
B
B
B
a
L
a
Escala pa la Figa 1a
50
40
30
20
10
5
40
30
20
10
5
Escala de las Figs 2a y 3a
rincipal.
Fig. 3.
B
B
1
B
B


Lam. X.
Fig. 1.
a
C
C
a
a
L
B
B
B
B
B
1
Pauner Scup. B.ne

ſac. Eſtos Flancos han ſido antiguamente tan recomendados, que la Plaza que no los tenia ſe juzgaba de muy poca reſiſtencia. Pero al preſente no ſe hace de ellos mayor aprecio; por que la experiencia ha manifeſtado, que el humo es tan incomodo en las Caſamatas, que nadie puede reſiſtirle, ſin embargo de todas las Chimeneas, y ventilaciones por donde ſe le procure ſalida.

Como la unica objeccion contra eſtos Flancos con Caſamatas, es la intolerable incomodidad que produce el humo, han procurado los Ingenieros aplicar algun remedio à eſte mal. El que propone *Mr. Belidor*, es el mas ventajoſo, y ſe ha practicado en diverſas Plazas cerca de la Mar, como en *Portſmouth*, donde yo los he viſto: Conſiſte el propueſto remedio, en dexar abiertas las Caſamatas por la parte interior del Flanco en forma de Arqueria, de tal ſuerte, que à cada Cañon le cubre un Arco, ò Boveda, del modo que ſe repreſenta en el Plano, Elevacion, y Perfil de la Lamina 11. por la letra B, y las Troneras *Lam.* 11. por la letra C; los quales ſon conformes à los que trae *Mr. Belidor*. Eſte Autor quiere que al Muro ſe dèn 21 pies de eſpeſor, y ſe macice de mampoſterìa: Pero atendiendo al grande coſto de eſtos Muros, y à que no ſon convenientes de tanta robuſtez, parece ſerìa mejor conſtruìrlos mas ſencillos, diſponiendo ſus



Merlones de tierra reveſtidos de Ladrillo, como los Parapetos ordinarios, y ſegun ſe repreſenta en la mitad del Plano. Con eſta pràctica ſe logrará, que las Baterìas Enemigas no deſtruyan las Cañoneras con la miſma prontitud, que ſi ſe reviſtieſen de Piedra; pues en eſta, por ſu mayor dureza, hace mas eſtrago la Bala que en el Ladrillo.

Sobre eſtas Caſamatas, propone *Mr. Belidor* otra Baterìa, como ſe manifieſta en el Perfil A, añadido en la Elevacion: pero en los Terraplenes de corta altura, como aqui los ſuponemos, ſerà caſi impoſible, y por lo miſmo ſe pueden omitir las Baterìas altas. No obſtante, ſeràn muy convenientes à los margenes de la Mar, ò de Rios caudaloſos donde los grandes Baxeles tengan facilidad de acercarſe; por que en ellos ordinariamente colocan la Tropa en la parte ſuperior de los Maſtiles, que ſiendo mas elevados que los Parapetos de las Baterìas baxas, incomodan de tal ſuerte à los Artilleros con Bala menuda, que no pueden atender al deſempeño de ſu obligacion. En eſto conſiſte la ventaja que logran los Baxeles ſobre las Baterìas de tierra, y no en el mayor numero de Cañones, como ſupone la Gente de Mar; pues ſiempre que las Baterìas eſtèn cubiertas en los terminos que ſe ha explicado antecedentemente, es factible que suceda todo lo contrario.

Otra



Otra obſervacion ſe puede hacer ſobre las Baterìas en Caſamatas, y es: que ſi los Muros de diviſion tienen mayor grueſo junto al Parapeto que en el extremo opueſto, y al miſmo tiempo ſe conſtruyen las Bovedas en Figura conica, de ſuerte, que ſu claro exterior ſea mayor que en el fondo, ſe deſahogaràn del humo con mas facilidad que ſi ſe hicieran cilindricas: Es verdad, que la conſtruccion de las Bovedas conicas es algo embarazoſa, por ſer poco comun; pero ſiempre el Ingeniero, preferirà la perfeccion, y conveniencia de las Obras, à la dificultad que ofrezcan para ſu execucion.

Si eſte modo de conſtruìr Baterìas à los margenes de la Mar, ò de Rios navegables, ſe conſideraſe muy coſtoſo en algun parage que no lo requiera, ſerà ſuficiente cubrirlas con Blindas, para que no ſean viſtos los Artilleros que ſirvan las Piezas; por que no habiendo rezelo de Bombas, qualquier coſa que los oculte ſerà baſtante. Pero no es lo miſmo en los Flancos; pues el daño que no hagan las Balas, lo haràn las Bombas, y por lo miſmo es neceſario reſguardar ſus Baterìas con Caſamatas.

SECCION XIII.

De las Caponeras.

NO es otra cosa la Caponera, que un paso construìdo en los Fosos secos, para la comunicacion segura de unas Obras à otras. Quando se hacen desde las Cortinas del Cuerpo de la Plaza, ù Hornabeques à los Rebellines opuestos, deben tener su Parapeto de 7 pies de alto, declinando en Explanada por la parte exterior, hasta el suelo del Foso: La anchura interior es de 17 à 20 pies, con su banqueta de uno y otro lado. Las tierras se sostienen con un Muro de Ladrillo, de un pie de espesor, y medio de declivio: este revestimiento se termina 2 pies mas baxo que la cresta del Parapeto, para que la ruìna que ocasionen las Balas rasantes, no perjudique à los Defensores. Las Caponeras de dos Parapetos, se pueden llamar *Dobles* con propriedad; por que se hacen otras con un Parapeto, particularmente en los Fosos secos de los Rebellines, y en el de su Reducto: Es verdad, que à estas Caponeras simples las llaman algunos *Traveses*, pero difieren de los del Camino cubierto, en que sus Parapetos forman Explanadas hasta el fondo del Foso; en lugar que los Traveses se construyen como qualquier otro Parapeto.

Al-



Algunas veces ſe cubren las Caponeras, que conducen del Cuerpo de la Plaza à los Rebellines, con Cañones de boveda, dexando Aſpilleras en ſus Muros para hacer fuego àcia el Foſo, con quien ſe comunican por Puertas que ſe les hacen à uno y otro lado; pues los Sitiadores nunca dexan de deſtruìrlas con Balas, y Bombas, para embarazar el paſo, haciendole muy peligroſo. Las Caponeras ſimples, que ſe conſtruyen en los Foſos de los Rebellines, y Reductos, tambien ſe ſuelen hacer con Bovedas, ò Arcos abiertos àcia la Plaza, en la forma que hemos dicho antecedentemente: De eſte modo, los Cañones, que defienden el Foſo que eſtà delante de las Caponeras, no pueden ſer deſmontados ſino por medio de las Minas; y quando eſtàn diſpueſtas de forma que embaracen la conſtruccion de las Minas, ſe hace muy peligroſo para los Enemigos el paſo de eſtos Foſos.

El diſponer la comunicacion de unas Obras con otras, de tal ſuerte, que en tiempo de Sitio no las pueda embarazar el Enemigo, es una de las coſas mas dificiles, y que mas importa aſegurar para la defenſa de la Fortaleza; por que ſi las cortan, ò deſtruyen, reſultan muy peligroſas las retiradas de unas Obras à otras, y no podràn defenderlas las Tropas con aquel valor, y firmeza que es neceſario, y que en otras circunſtancias manifeſ-

feſtarían; y por lo proprio procura ſiempre el Enemigo deſtruirlas con mayor preſteza.

SECCION XIV.

De las Puertas, y Cuerpos de Guardia de las Plazas.

LA diſpoſicion de las Puertas en las Fortalezas, varìa ſegun las circunſtancias que ocurren: algunas veces ſolo ſe hace un paſo deſcubierto y cortado en el Terraplen, cerrandolo con un fuerte Porton de madera, ò con un Puente levadizo; y en otras ocaſiones ſe cubre eſte miſmo paſo con una Boveda, que comprehende un Cuerpo de Guardia àcia el interior de la Plaza, y en el exterior ſe termina en un Puente levadizo, donde tiene ſu Portada: Eſta generalmente ſe adorna con un Orden de Arquitectura Toſcano, ò Dorico, ſegun el guſto del Ingeniero que dirija la Fabrica.

Como no tenemos Autor Ingles que haya eſcrito expreſamente de Arquitectura Militar, y que al miſmo tiempo nueſtras Plazas de Guerra carecen de adornos de eſta eſpecie; me he viſto en la neceſidad de recurrir à la *Sciencie des Ingenieurs* de *Mr. Belidor*, que es la Obra mas adequada para el intento: Pues lo que ſe encuentra en los eſcritos de *Dilichius*,

Spe-



Spekel, y otros antiguos Alemanes, es tan groſero, que con dificultad le ſeguiràn en parte alguna. Por otro lado *Mr. Belidor*, ſiguiendo el lucimiento con que los Franceſes executan los Edificios Militares, trahe varios Diſeños de Portadas, caſi ſolo aplicables à las grandes Fortalezas, que ni ſe conſtruyen, ni ſon neceſarias en eſte Pais: por lo miſmo he procurado explicar ſobre eſte aſunto, los caſos mas ſencillos; los quales, ademàs de dàr ſuficiente luz para otros mas compueſtos, ſon los que veriſimilmente uſaràn ſiempre nueſtos Ingenieros.

En la Lamina 11. ſe manifieſta con claridad el primer Diſeño, que propongo para la entrada de una Plaza: La anchura del paſo es de 12 pies, y ſe ſupone cubierto con una Boveda: A la parte interior ſe repreſentan à uno y otro lado los Cuerpos de Guardia para el Oficial, y para la Tropa, cuyos eſpacios tienen 14 pies de ancho, y lo miſmo de fondo, con ſus Ventanas en la Fachada exterior, levantadas 3 pies del ſuelo, de 3 $\frac{1}{2}$ pies de ancho, y 7 de alto: Las Chimeneas deben tener de 4 à 5 pies de ancho, y un pie, ò 14 pulgadas de fondo, cuya mitad ſe toma del macizo del Muro, y lo demàs ſe gana de las eſtancias con dos pequeñas Azitaras de un pie de grueſo: A las Puertas ſe les dàn 3 $\frac{1}{2}$ pies de ancho, y 8 de alto. *Lam. 11.*

Los

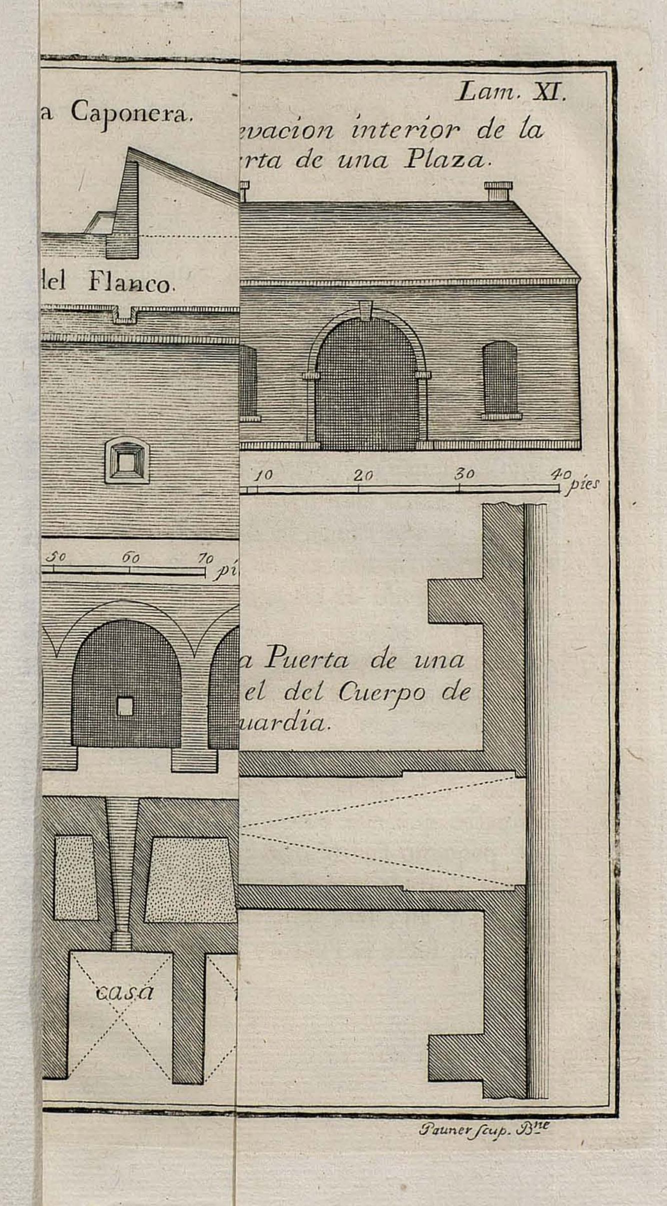
Los Muros laterales del paſo, tienen 9 pies de alto, 3 $\frac{1}{2}$ de grueſo inferior, y 2 $\frac{1}{2}$ de grueſo ſuperior, con ſu declivio àcia las tierras: el eſpeſor de la Roſca tambien es de 2 $\frac{1}{2}$ pies. Los muros de los Cuerpos de Guardia, tienen 2 pies de grueſo ſolamente, y la Elevacion de la Fachada interior del paſo, tiene 17, ò 18 pies de altura.

Eſtos Muros no neceſitan Contrafuertes; por que la preſion de las tierras, junto con la reſiſtencia de los miſmos Muros, ſon baſtante para ſoſtener el Cañon de boveda: Eſta, como las demàs de quienes ſe hablarà en adelante, ſe deben cubrir con una tortada de argamaſa, y una tonga de Arena grueſa antes de aplicarles las tierras, del modo que ya ſe ha dicho tratando de los ſubterraneos.

La Puerta que cae al Foſo, ſe cierra con un Porton de madera bien guarnecido de hierro, para que no le puedan romper por la parte exterior con hachas, ni otros utiles: y à demàs, juzgandolo conveniente, ſe le puede añadir à la ſalida ſu Puente levadizo: Pero reſpecto que eſte paſo, ſolo es proprio para un pequeño Fuerte, no hay neceſidad de hacer la Portada con adornos que pidan mucho coſto; y aſi, ſerà ſuficiente en eſte caſo un Fronton ſobre la Puerta, y en el miſmo Muro.

Co-




Lam. XI.
a Caponera.
evacion interior de la
rta de una Plaza.
del Flanco.
10
20
30
40 pies
50
60
70
a Puerta de una
el del Cuerpo de
uardia.
casa
Pauner sculp. Bne

Perfil de una Caponera.

Elevacion del Flanco.

C

5 10 20 30 40 50 60

B

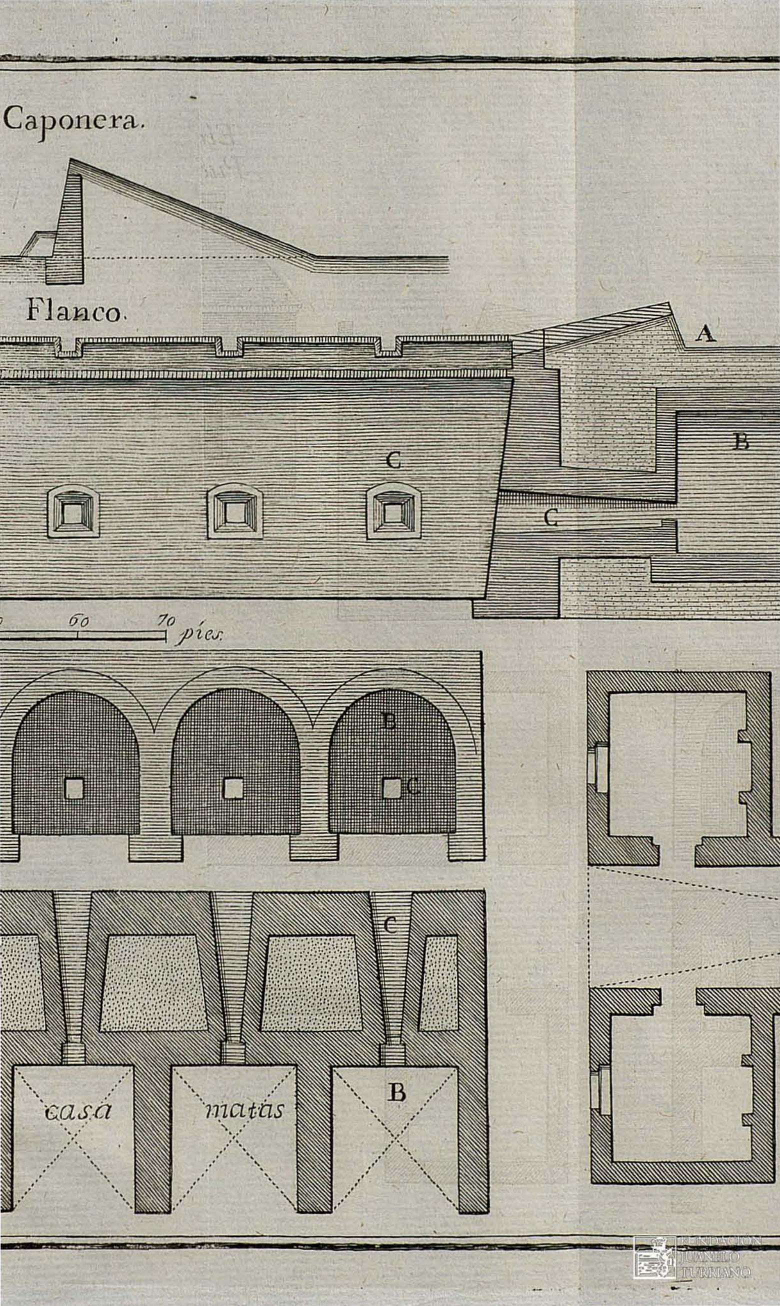
C

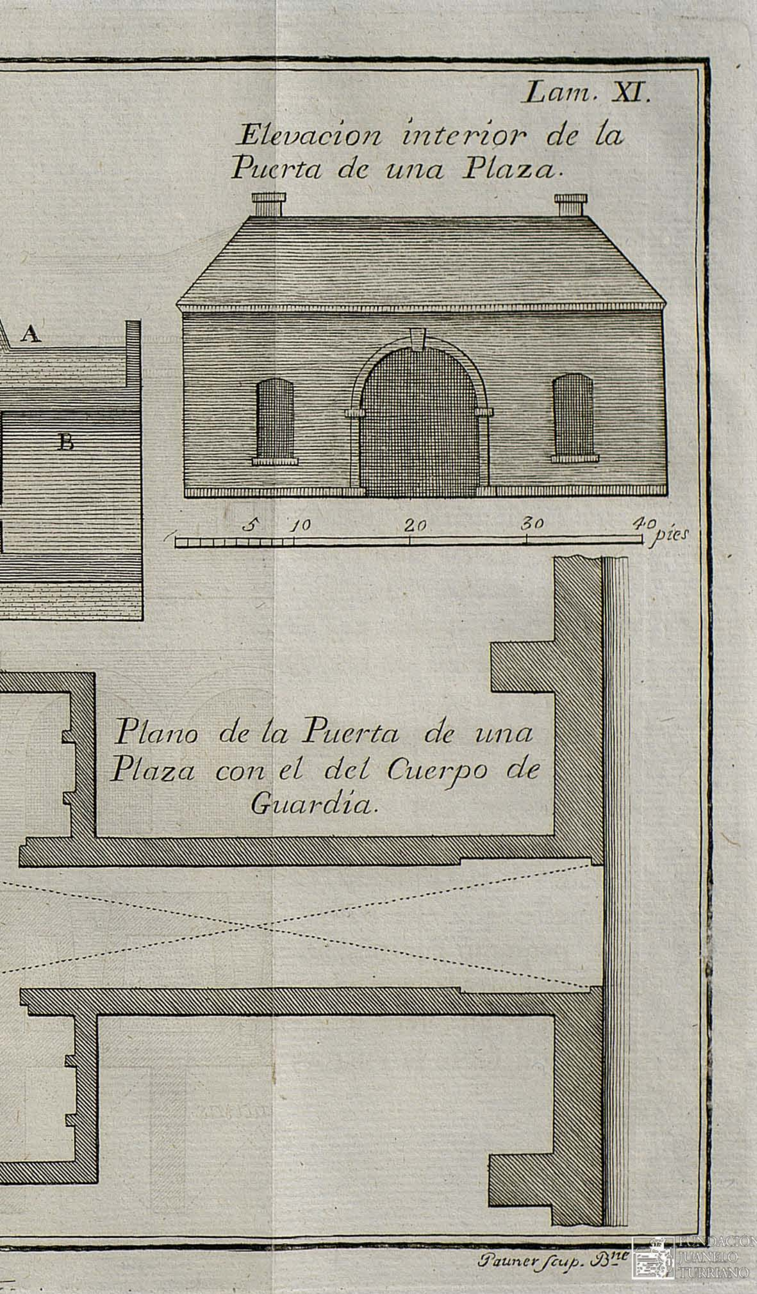
Elevacion

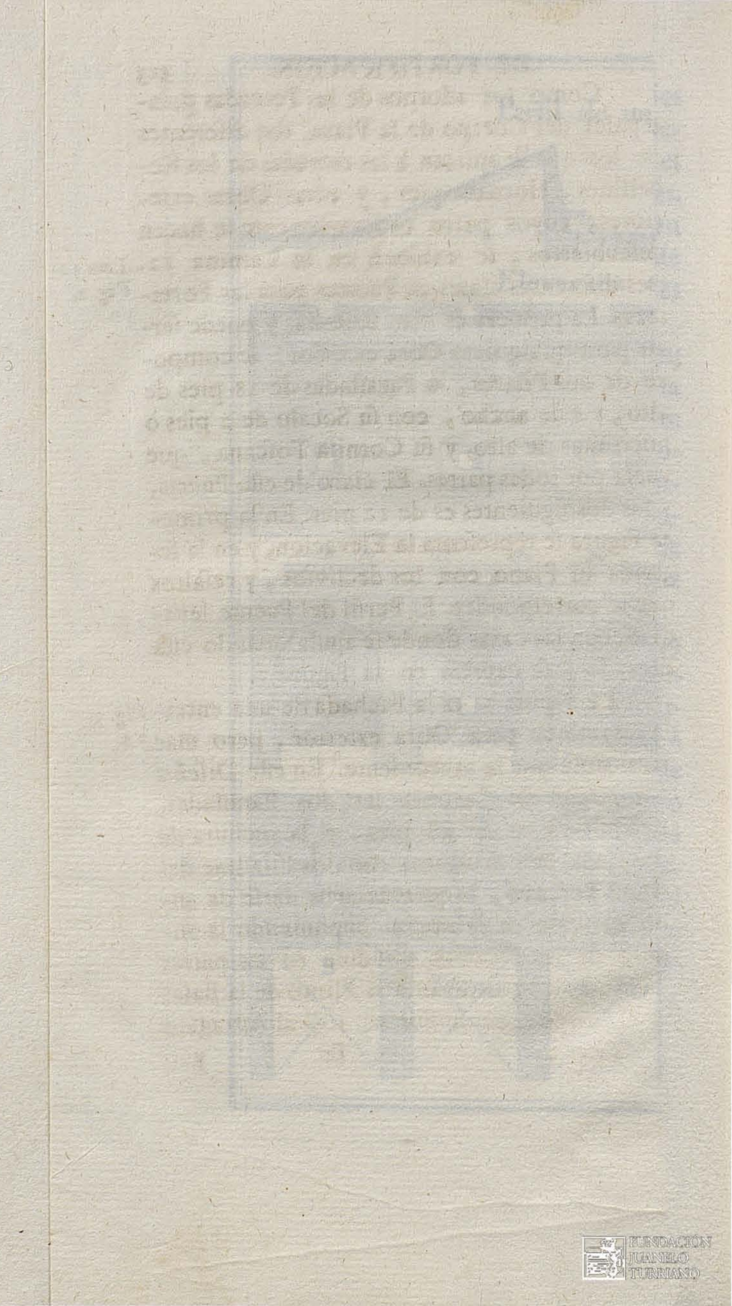
C

B

Plano de las casa


Caponera.
Flanco.
A
B
C
C
60
70
píes.
B
C
C
casa
matas
B


Lam. XI.
Elevacion interior de la Puerta de una Plaza.
A
B
5 10 20 30 40 pies
Plano de la Puerta de una Plaza con el del Cuerpo de Guardia.
Pauner Sculp. Bne



Como los adornos de las Portadas principales del Cuerpo de la Plaza, ſon diferentes de los que ſe aplican à las entradas de los Rebellines, Hornabeques, y otras Obras exteriores, cuyos paſos ordinariamente ſe hacen deſcubiertos; ſe exhiben en la Lamina 12. tres diferentes claſes de Puertas para las Fortalezas. La primera es muy ſencilla, y puede ſervir para qualquiera Obra exterior: ſe compone de dos Pilares, ò Paraſtades de 28 pies de alto, y 8 de ancho, con ſu Socalo de 2 pies ò poco mas de alto, y ſu Cornişa Toſcana, que vuela por todas partes. El claro de eſta Puerta, y las dos ſiguientes es de 12 pies: En la primera Figura ſe repreſenta la Elevacion, y en la ſegunda ſu Plano con los declivios, y reſaltos que le correſponden. El Perfil del Puente levadizo, con las caxas donde ſe ajuſta quando eſtà Elevado, ſe expreſa en la Figura 1. *Lam. 12. Fig. 1, y 2.*

La Figura 3. es la Fachada de una entrada, tambien para Obra exterior, pero mas primoroſa que la antecedente. En eſte Diſeño ſe ſuponen de Canterìa las dos Paraſtades, cuya altura es de 32 pies, y la anchura de 12: Cada una ſe adorna con dos Pilaſtras del Orden Toſcano, à quienes debe darſe de ancho el ſexto de ſu altura. Suponiendo la anchura de las Pilaſtras dividida en 24 partes iguales, correſponderàn 6 al Plinto de la Baſa, y 6 al Cordon con ſu Filete; 1 $\frac{1}{2}$ al Aſtragalo *Fig. 3, y 4.*

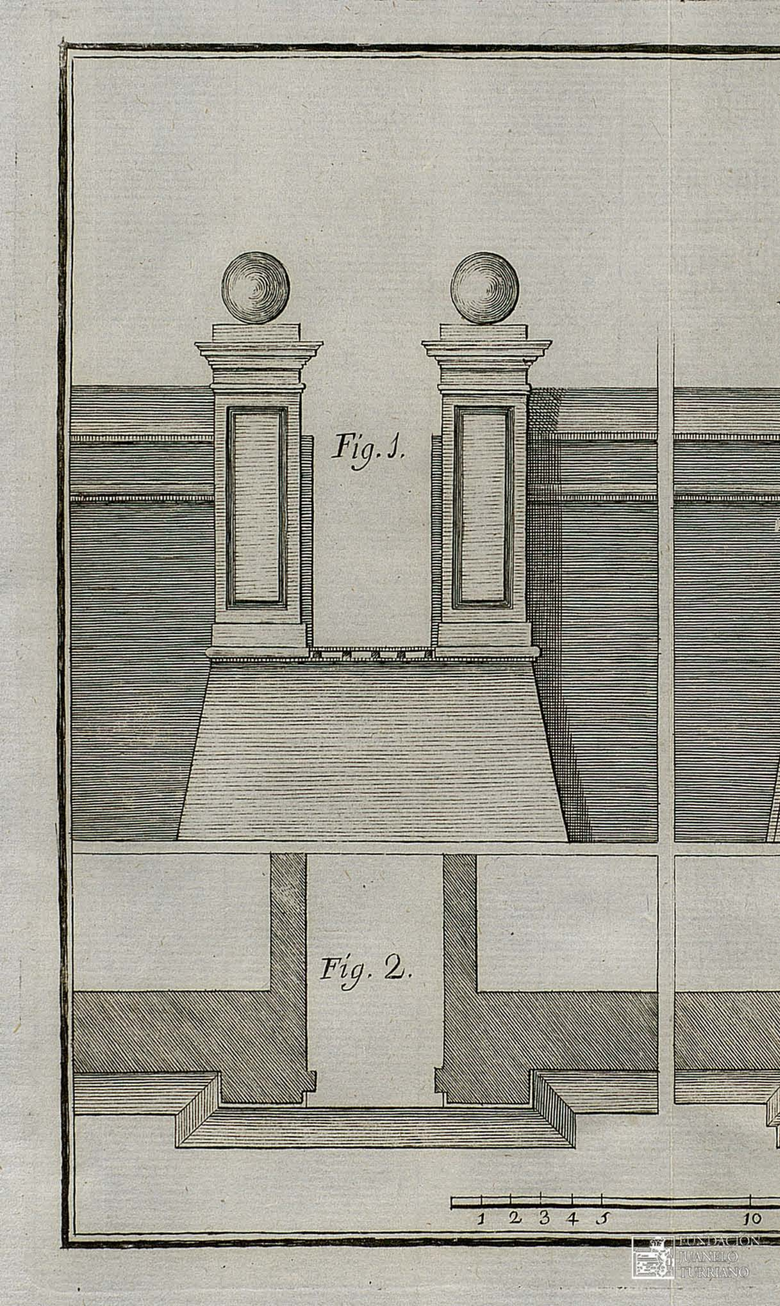
y Filete del Collarino, 4 al Friſo del Capitel 1 al Filete inmediato, 3 al Echino, 3 al Abaco, 1 al Filete que ſigue al Abaco; 12 al Architrabe, 14 al Friſo, y 16 à la Corniſa. En la Figura 4, ſe manifieſta el Plano de la expreſada entrada, con ſus declivios, y reſaltos.

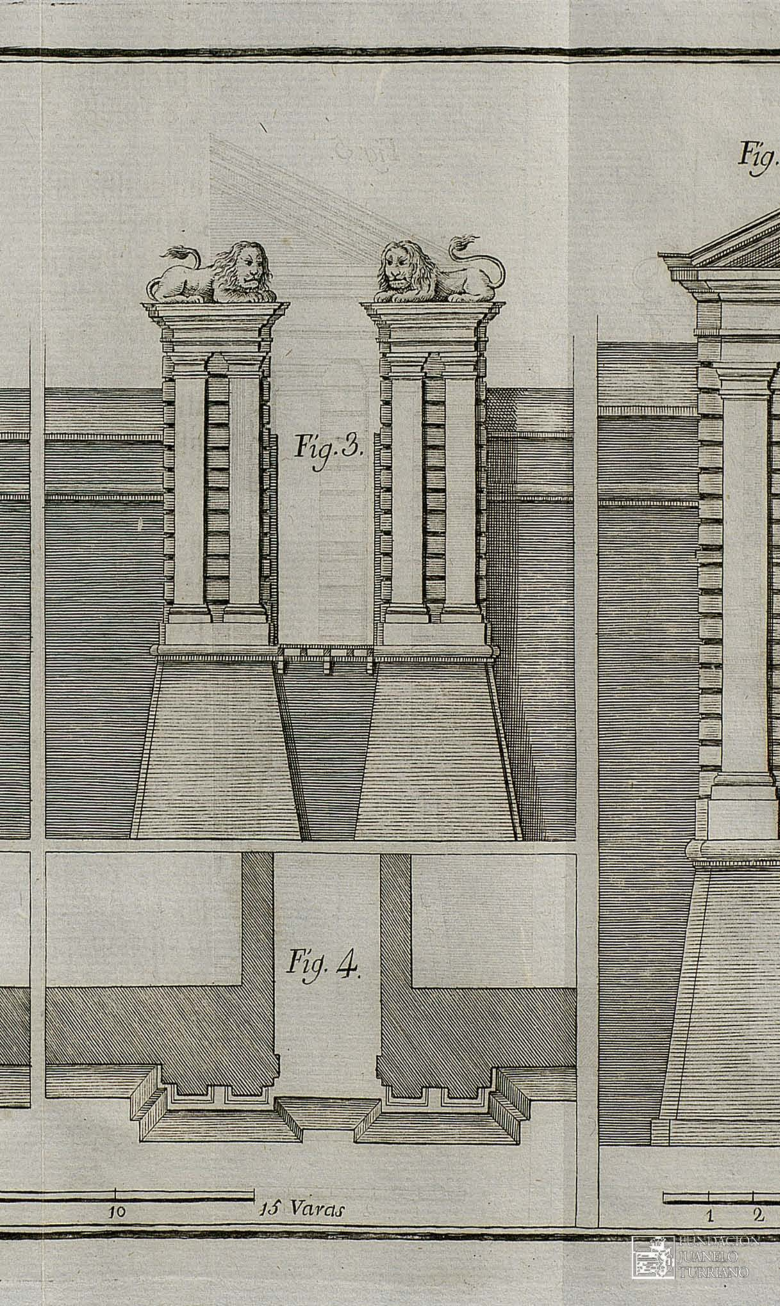
Fig. 5. Para el Cuerpo de la Plaza, es muy propria la Portada que ſe repreſenta en la Figura 5, quando el paſo fuere cubierto. La anchura de la Puerta es de 12 pies, y ſu altura haſta el arranque del Arco es de 10, aunque ſe puede aumentar haſta 14: La diſtancia de una Paraſtade à otra es de 16 pies, ſu altura de 35 incluſa la Corniſa, y la anchura de cada una de 14. Las Pilaſtras con ſu baſa, capitel, y demàs molduras, como aſimiſmo el Cornijon, no ſe diferencian del Diſeño antecedente. El Frontiſpicio, ò Fronton ſe debe adornar con las Armas del Soberano, ò con Simbolos Militares; y ſobre la Puerta, cubiertas con la Corniſa, ſe ſuelen poner las Armas de la Ciudad, ò las de la Provincia que haya concurrido en la mayor parte à la conſtruccion de la Fortaleza.

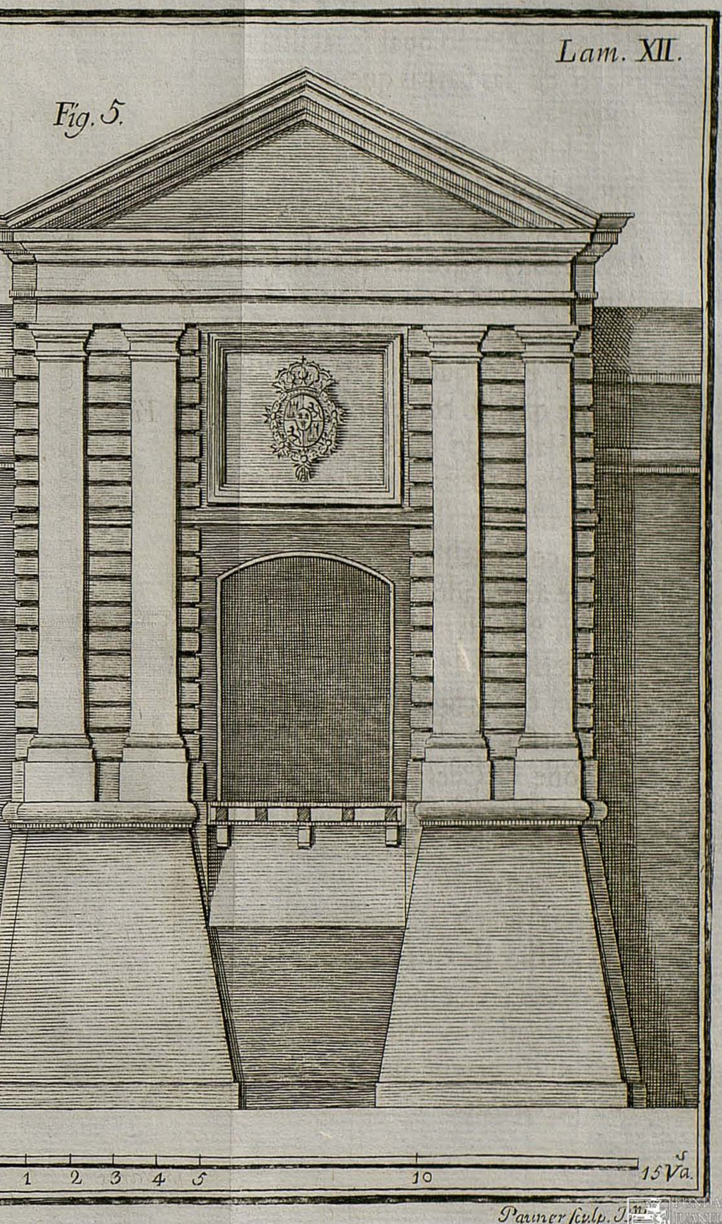
Eſtos exemplos ſon baſtantes para dàr una idea en general de la diſpoſicion de las Portadas, que ſe fabrican en las Fortalezas. La proporcion de ſus partes, como tambien los adornos, ſe pueden varìar à diſcrecion; pero ſi hubieſen de tener Columnas, ò Pilaſtras, ſerà preci-

ciſo ceñirſe al Orden que correſpondan. Aqui hemos aplicado el Orden Toſcano, por que ſiendo el mas ſimple, es tambien el mas robuſto, y mas proprio para eſte genero de Obras. Pero un Joven Ingeniero, no ſe debe contentar ſolo con eſto: es neceſario que ſe aplique à aquella parte de la Arquitectura, que le ſea de mayor deſempeño para el adorno de los Edificios; y ſi hubiere de meneſter Puertas, y Fachadas de mas delicado guſto, las hallarà primoroſas, y de varias eſpecies en la *Sciencie des Ingenieurs* de *Mr. Belidor*.

Las entradas de las grandes Fortalezas, requieren mas atencion que las de las pequeñas: no baſta aſegurarlas con Puentes levadizos, ſino tambien con Puertas, que ſe hacen de diverſas formas. La una conſiſte en un Tablero de madera bien guarnecido y aforrado de hierro, con puntas muy aguzadas, el qual ſe levanta durante el dia por medio de cuerdas y poleas. Otras ſe diſponen en forma de Raſtrillo, ò Reja de madera, cuyas barras tienen de 4 à 6 pulgadas de grueſo, diſtantes 6 pulgadas entre sì, y trabadas con ſus peinazos y enlaces, bien guarnecido el todo de hierro. Eſta claſe de Barreras ſe llaman Peynes, para diferenciarlas de los Organos, que ſobre la miſma conſtruccion, ſe diſponen de forma que por la parte ſuperior ſe puedan ſacar las barras, ſin deſconcertar el Baſtidor, ò Marco de la


Fig. 1.
Fig. 2.
1 2 3 4 5 10


Fig.
Fig. 3.
Fig. 4.
10
15 Varas
1
2


Lam. XII.
Fig. 5.
1 2 3 4 5 10 15 Va.
Pauner sculp.

La anchura de este paso es de 12 pies, y las pequeñas Pilastras que forman las canales por donde baxa el Peyne, ù Organo, tienen 6 pulgadas de grueso, 6 de vuelo, y 6 de intervalo. La elevacion de los Muros laterales debe ser de 10 pies, su espesor de 5 pies junto al Cimiento, y se reduce à $3\frac{1}{2}$ en el arranque de la Boveda, à quien se le dà tambien el mismo espesor de $3\frac{1}{2}$ pies. La longitud de esta entrada, como la de las anteriores, depende de la base del Terraplen, y por lo proprio no se determina en estos Diseños. Los Porticos tienen 10 pies de ancho, y 14 de fondo, dando 6 à cada lado de los Pilares que los sostienen. El Cuerpo de Guardia para la Tropa ha de tener 24 pies de largo, y 16 de ancho, con dos Ventanas de 3 pies, ò $3\frac{1}{2}$ de claro, y 7 de alto: su Chimenea de 4, ò 5 pies de largo, y 2 de fondo; y à la Puerta se le daràn 4 pies de ancho, y 8 de alto. El Quarto del Oficial tiene 16 pies de ancho, y 12 de largo, quedando 8 para la Prision y grueso del Muro que la separa; y en estas dos estancias se labran sus Chimeneas, Puertas, y Ventanas, como en las anteriores. A los Muros de este Edificio, se les daràn 2 pies y medio de grueso; pero el que separa la prision del Quarto del Oficial, tendrà bastante con un pie, ò pie y medio.

La

La extension de estos Porticos, Cuerpos de Guardia, y Prision, ha dado lugar para establecer encima los Alojamientos, que se han dicho para el Sargento mayor, y un Ayudante
Fig. 2. de la Plaza. La Elevacion representada en la Figura 2. corresponde à la parte interior de la entrada, y la que se manifiesta en la Figura 5. de la Lamina 12. pertenece à la Fachada exterior.

A esta Obra, se agrega la que manifiesta
Fig. 3. el Perfil àcia la Portada: La parte inferior sirve para el juego del Contrapeso, que levanta al Puente levadizo; y la superior es para manejar el Peine, ù Organo con que se cierra el paso, siempre que la necesidad lo pida.

Entre esta Pieza, que solo tiene de anchura la que corresponde à la entrada de la Plaza, y los Alojamientos ya mencionados, se dexa una comunicacion de una parte à otra del Adarve del Terraplen, para el paso de las Rondas, como se manifiesta en la misma Figura 3.; y en este parage, es necesario cubrir la Boveda con una tonga de argamasa, y otra de Arena, ò de Cascajo, con tres pies de tierra bien apisonada.

Tambien se representa en el mismo Perfil, el que corresponde al Contrapeso, ò ensamblage de maderos, à quien los Franceses llaman *Bascule*, el qual, en el extremo *b* està

liga-

ligado al Puente levadizo, por medio de una cadena de cada lado: Eſtas cadenas, paſando por dos poleas, facilitan la depreſion, ò elevacion del Puente, ſegun el movimiento que ſe le dè al Contrapeſo ſobre ſu Exe *a*.

A cada lado de la Fachada interior de la entrada, ſe hacen dos eſcaleras que conducen al Terraplen, para que la Tropa aſcienda con prontitud à la Muralla, en el caſo que ocurra alguna novedad.

En los Rebellines, Hornabeques, ù otra Obra con que ſe cubran las Puertas de una Plaza, ſe ha de conſtruìr un Cuerpo de Guardia para el Oficial, y Tropa que la guarnezca. La Elevacion, y Plano de la Figura 4, manifieſta la diſpoſicion de eſte Edificio. El Quarto del *Fig.* 4.
Oficial tiene 14 pies de fondo, y lo miſmo de largo; pero al Cuerpo de Guardia para la Tropa ſe le dàn 14 de fondo, y 18 de largo: Delante de eſte Edificio, ſe diſpone un Corredor con 4 Porticos, cada uno de los quales ha de tener 7 pies de fondo, y lo miſmo de frente, dando 18 pulgadas de lado à ſus Pilares. Los Muros ſe hacen de 2 $\frac{1}{2}$ pies de eſpeſor, y de 20 de elevacion, incluyendo el antepecho del Texado; y à las Ventanas, y Chimeneas, ſe les dàn las proprias dimenſiones que ſe han ſeñalado para el Cuerpo de Guardia de la entrada de la Fortaleza. Eſte Corredor ſe puede cubrir con

con Bovedas, ò con enmaderados ſegun parezca mejor al Ingeniero.

SECCION XV.

De los Puentes.

LAs Obras que ſiguen à las del Cuerpo de la Plaza, y Rebellines, ſon los Puentes, los quales ſe diſtingen en varias eſpecies, como Puente levadizo, Puente eſtable de Piedra, ò de Madera, &c. Primero ſe explicarà la conſtruccion del Puente levadizo, por ſer la parte mas inmediata à las Puertas de una Plaza, y deſpues ſe hablarà de los demàs.

Al Puente levadizo ſe le dàn ordinariamente 12 pies de ancho, y 14 de largo: Eſte Puente conſiſte en un Tablero CB formado ſobre un enſamblage de maderos fuertes, de los quales, *b* es el cabezal, que deſcanſa en el primer Pilar del Puente eſtable; *a* el Exe ſobre quien ſe mueve el Tablero; *c*, *c*, *c* &c. los traveſeros, que ligan el cabezal con el Exe; cuya trabazon ſe cubre con los tablones grueſos que ſe repreſentan en *d*. Las dimenſiones de eſtos maderos, ſon: al Exe, ò Peynazo ſobre quien ſe mueve el Puente ſe le dàn 14 pulgadas de latitud, y 12 de altura ò grueſo: al cabezal, 12 de latitud, y 10 de grueſo: à los traveſeros, 6 de

Lam. 14. *Fig.* 1.

la-

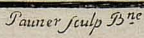
Lam. XIII.

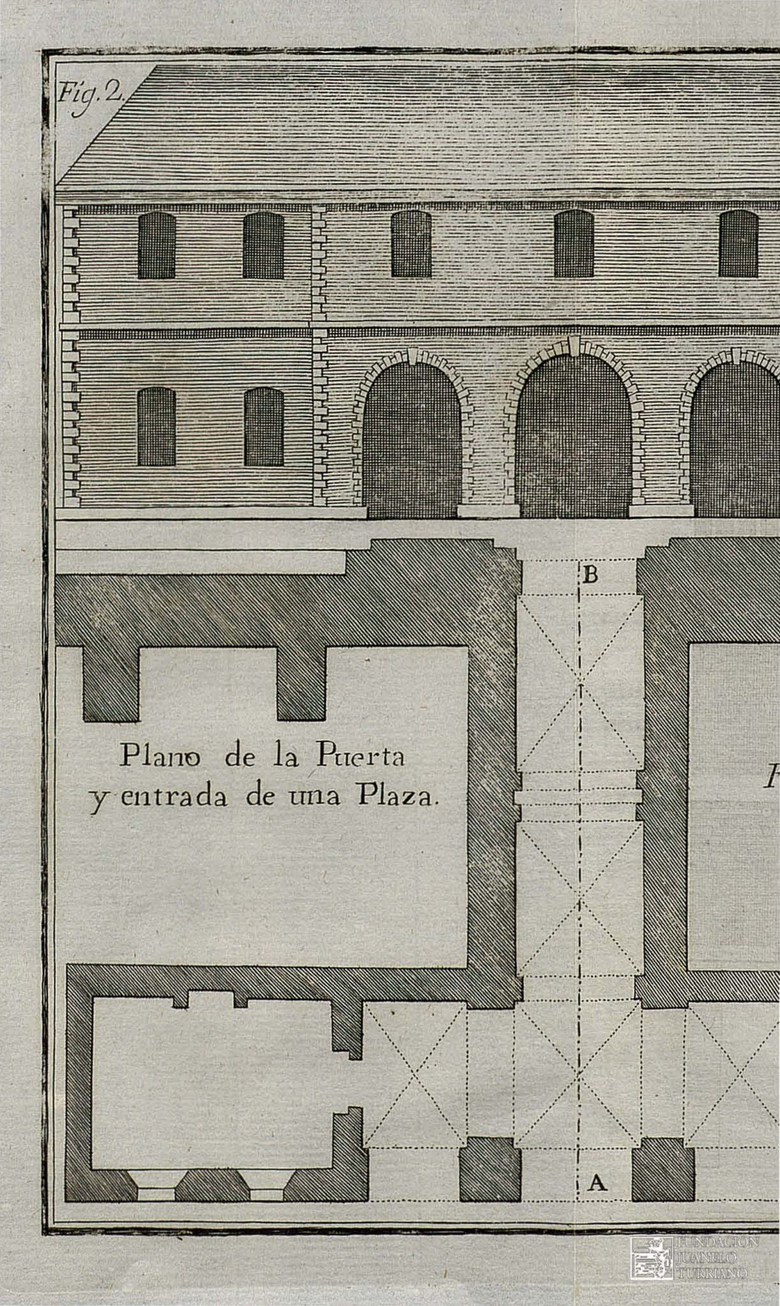
Elevacion de un Cuerpo de Guardia.

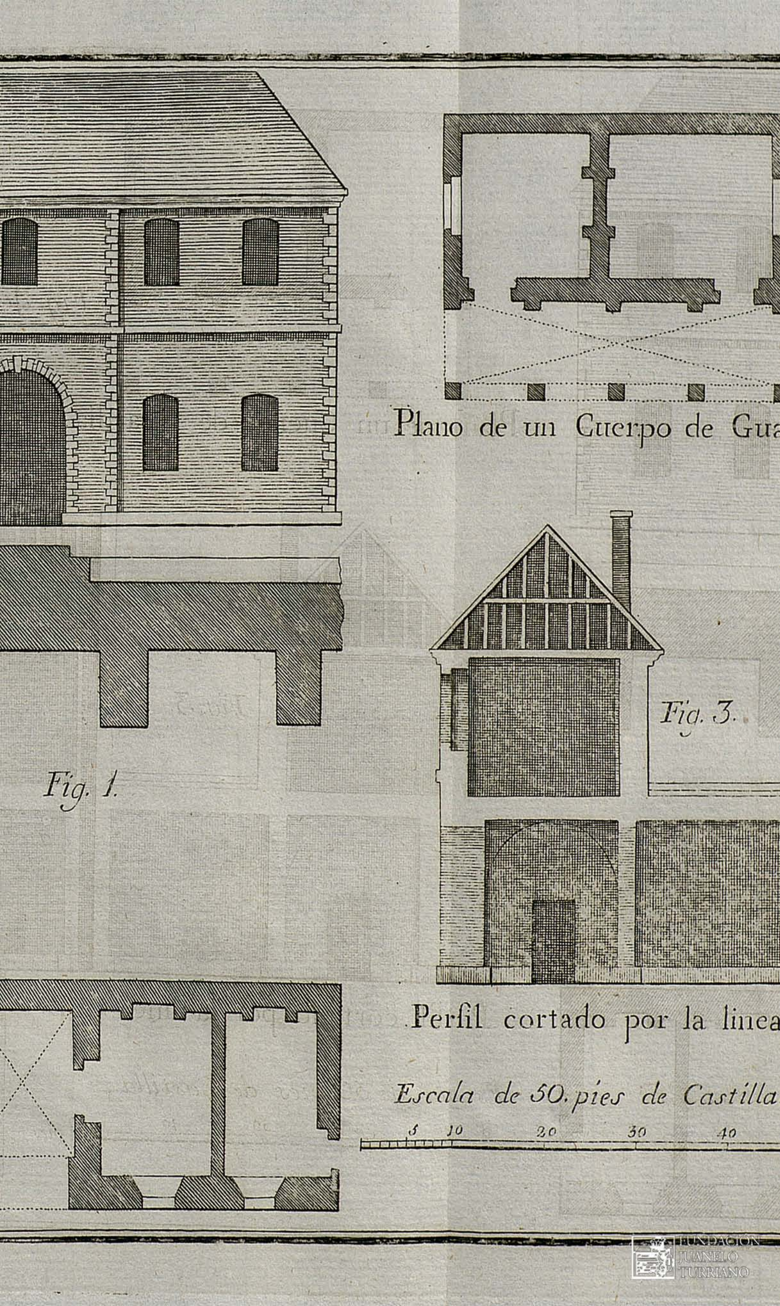
B

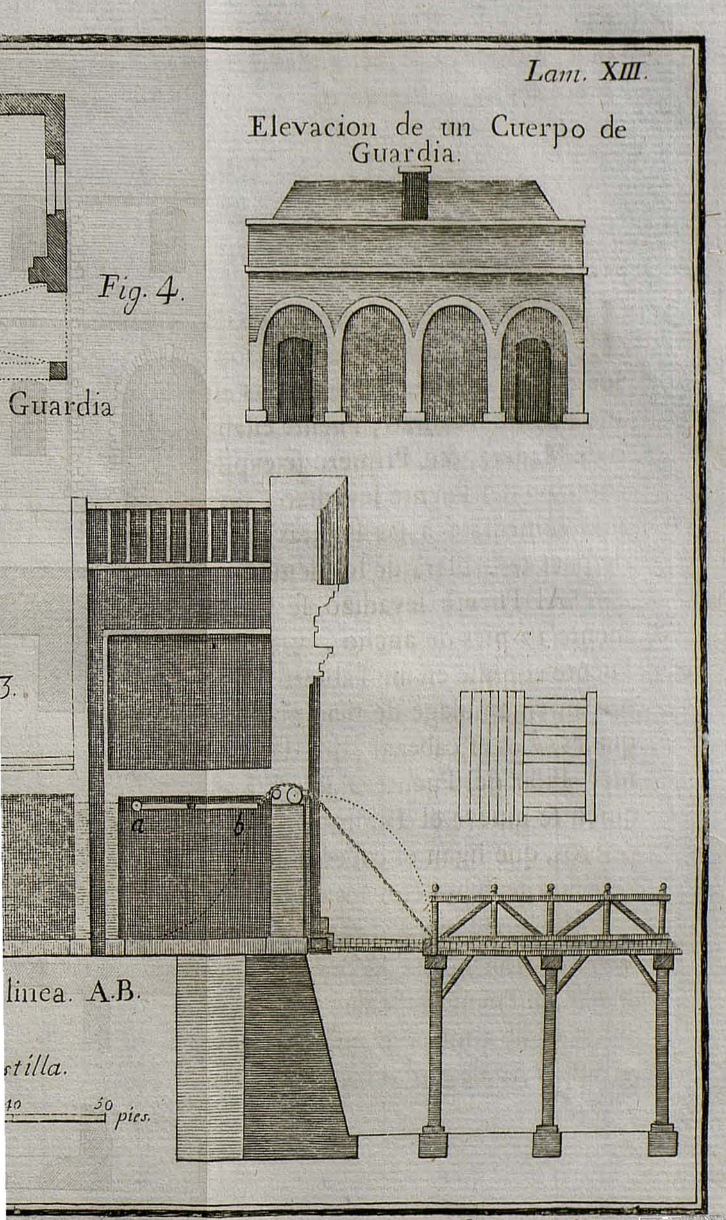
6

A




Fig. 2.
B
Plano de la Puerta
y entrada de una Plaza.
A


Plano de un Cuerpo de Gua
Fig. 3.
Fig. 1.
Perfil cortado por la linea
Escala de 50. pies de Castilla
5 10 20 30 40



Pauner sculp Bne

latitud, con 7 de grueſo; y à los tablones 12 de latitud, y 2 $\frac{1}{2}$ de grueſo. Para que las tablas no ſe levanten con el continuo traquèo de los Carruages, ſe ſujetan y guarnecen con barras de hierro de 8 pies de largo, y 2 $\frac{1}{2}$ pulgadas de ancho, clavandolas ſobre las juntas y en el medio de cada tablon con quatro pernos redoblados, y remachados. Los traveſeros ſe eſpigan al Exe, y Cabezal, y además ſe les aplica en la parte inferior unas abrazaderas, ò chapas de hierro de 3 pies de largo, para que toda la trabazon reſulte bien firme, y robuſta. Los muñones A, C, tienen 6 pulgadas de longitud con 3 de diametro, y ſe clavan y aſeguran con fuertes cantoneras à los extremos del Exe *a*, remachandolas con ſus pernos. Los anillos para las cadenas ſe ponen con las miſmas precauciones à los extremos del Cabezal en B, y D.

Para mover los Puentes levadizos, ſe han imaginado y pueſto en pràctica varias inventivas: La una conſiſte en un Contrapeſo de maderos trabados y unidos al miſmo Puente, en la forma que ſe repreſenta por la Figura 3; advirtiendo, que los maderos GK, HN que ſirven de Largueros del enſamblage, diſminuyen ſus grueſos deſde los muñones E, F àcia los extremos K, N, para que el Contrapeſo HE pueda equilibrar con el peſo del tablero EN que conſtituye el Puente levadizo. El todo ſe mueve ſobre los muñones E, F, que juegan en ſus *Fig. 3.*

ſotamuñoneras de hierro, y el Contrapeſo tiene ſu movimiento en un apoſento ſubterraneo, que ſe conſtruye debaxo del paſo de la miſma Puerta. Eſte movimiento ſe facilita con dos Botadores, que ſe introducen por dos agujeros practicados en el piſo de la Puerta, è impelen al Contrapeſo en los puntos G, H, para elevar el Tablero ò Puente; y quando eſte ſe ha de baxar, ſe tira del Contrapeſo por medio de dos cadenas aſidas à dos argollas, que tiene en ſus extremos el miſmo Contrapeſo, y paſan por ſus correſpondientes agujeros abiertos en el techo del miſmo apoſento.

Eſte metodo, ſolo puede ſervir quando el Foſo es ſeco; por que quando fuere de agua, no ſerà facil que el apoſento ſe liberte de ella, ſin embargo de todo el cuydado que ſe tenga en ſu conſtruccion, y por lo miſmo ſe inutilizarà la madera en poco tiempo y ſe harà impoſible el movimiento del Puente levadizo.

Fig. 1.2. Otro modo de levantar, y baxar los Puentes levadizos, ſe reduce à ſeparar el Contrapeſo del Tablero, como ſe manifieſta en la Figura 2, y es lo mas comun. El enſamblage de maderos que forma el Contrapeſo, ſe mueve ſobre ſus muñones L, P, dentro del paſo ò entrada de la Plaza: en los extremos M, Q, ſe fixan dos cadenas, que paſando por dos poleas ſituadas ſobre la Puerta, eſtàn aſidas à las ar-

go-

gollas del Puente en B, y D; de forma, que quando ſe eleva con Botadores ò de otra manera la parte inferior MQ del Contrapeſo, toma el Puente ſu ſituacion horizontal. Con eſte metodo ſe logra la ventaja de cortar el paſo à los Enemigos, aun en el caſo que hayan hallado arbitrio para romper las cadenas, y hacer baxar el Puente; por que al miſmo tiempo, neceſariamente ha de quedar vertical el Contrapeſo, y por conſiguiente cerrarà la entrada ſin que los Sitiadores lo puedan remediar. Pero à fin de poder ſalir de la Plaza, quando ocurra el que ſe rompan las cadenas, ſe dexa en el Contrapeſo un poſtigo, como W, que ſolo ſe abre en caſo ſeguro y neceſario. Eſta claſe de Contrapeſo, es la que ſe repreſenta en la Figura 3. de la Lamina 13.

Adviertaſe, que para proporcionar el equilibrio con el Puente CB, es neceſario ſobrecargar el Contrapeſo PM àcia el Cabezal MQ; lo qual no es facil de conſeguir con la juſtificacion que ſe requiere, para que el movimiento del Puente levadizo no ſea dificultoſo. El unico modo de evitar eſte inconveniente, conſiſte en tener maderos, ò peſos à propoſito, para ajuſtarlos y aſegurarlos unos ſobre otros àcia el Cabezal MQ, haſta lograr el preciſo equilibrio del Tablero con el Contrapeſo.

Tambien ſe levanta, y baxa el Puente levadizo, diſponiendo el Contrapeſo con flechas,

Lam. 15. Fig. 4. ò peſcantes, del modo que ſe manifieſtá en la Figura 4. Eſte Contrapeſo ſe pone ſobre la Puerta, de tal modo que los peſcantes EB, FD queden de la parte exterior de la Fachada, y el enſamblage CE àcia la interior, moviendoſe el todo ſobre ſus muñones E, F. Las cadenas que ſuſpenden el Tablero, eſtàn aſidas à los extremos B, y D de los peſcantes: à los extre- A, C del Contrapeſo, ſe ponen otras dos cadenas de 9 pies de largo, con ſus argollones para tirar y deprimir el enſamblage CE que levanta el Puente levadizo; y para que èſte baxe, ſe eleva aquel haſta la altura de 5, ò 6 pies à fuerza de brazo, y deſpues con Botadores ſe le dà la ſituacion horizontal, que tambien toma el Tablero, por ſu propria gravedad.

Quando eſtà caìdo el Puente levadizo, ſe aſegura al eſtable, con dos cerrojos ò paſadores que ſe le ponen à los lados; y para la ſeguridad del paſo de las Gentes, ſe aplica una cadena, ò barra de hierro à cada parte del Tablero y à diſtancia de 4 pies ſobre ſu piſo, aſegurandolas en el Muro y en los primeros poſtes de las barandillas del Puente eſtable.

Facilmente ſe concibe, que el enſamblage CE debe tener tal peſo, que con poca fuerza ſe pueda elevar el Tablero; y à eſte fin ſe dà à los Largueros mayor grueſo àcia el Cabezal AC, que àcia los peſcantes, como ſe repreſenta en la miſma Figura; y aun ſucede muchas

ve-

veces, que es neceſario ſuſpender Bombas, ò algun otro peſo en los extremos A, C, para facilitar el movimiento del Puente.

Eſte modo de manejar los Puentes levadizos, ſe ha uſado mucho mas tiempo que alguno otro; pero quando ſe aplica à los del Cuerpo de la Plaza, es preciſo desfigurar los adornos de la Portada, con las caxas que en ella ſe cortan para recibir las flechas del Contrapeſo; y à eſte defecto ſe agrega el daño que hacen à la miſma Portada los grandes golpes de las flechas, ſiempre que ſe eleva el Puente. Atendiendo à eſta circunſtancia, ſe ſuelen poner ſolamente eſtos Contrapeſos en las Obras exteriores, ò en el medio de los Puentes eſtables: En eſte caſo ſe ſoſtiene el Contrapeſo AD por dos pies derechos de madera, que tengan 14 pies de altura, y ſobre ellos ſe mueven los muñones E, y F. Es verdad, que eſtando elevado el Puente, ofrecen las flechas con ſu ſituacion vertical, demaſiado objeto à la Campaña, y por lo miſmo procuran arruìnarlas los Enemigos con el Cañon, para hacer caer el Puente y facilitar el paſo; pero como no ſe ha deſcubierto otro metodo mejor, ſe ſigue eſte por preciſion en toda claſe de Obras, y Puentes exteriores.

Mr. Belidor propone un nuevo modo de levantar, y baxar los Puentes, que parece preferible à todos los demàs que ſe practican.

En

En lugar del enſamblage de maderos, que ſirve de Contrapeſo, ſuſpende à las cadenas dos peſos cilindricos, los quales ſe mueven en una curva (20) à cada lado de la entrada; y por eſte medio el movimiento del Puente ſe hace ſiempre uniforme, quando los cilindros tienen proporcionado peſo con el del Tablero: de ſuerte, que ſin golpear el Edificio, y ſin laſtimar la Portada, ſon baſtantes dos hombres ſolos, para manejar el Puente con mucha facilidad. Los Jovenes Ingenieros, que quieran ſaber la conſtruccion de la curva, y la diſpoſicion de los peſos, pueden conſultar la *Sciencie des Ingenieurs* Lib. 4. cap. 5. pag. 39.

De los Puentes fixos, ò eſtables.

Los Puentes eſtables, ò permanentes ſe hacen de mampoſterìa, ò de madera, y algunas veces de uno y otro: Su longitud depende de la anchura del Foſo, ò del Rio que haya de atraveſar: Tambien varìan en ſu anchura; por que los que ſe eſtablecen en los Foſos de una Fortaleza, rara vez ſe les dà mas de 16 pies de latitud, que es ſuficiente para que paſen dos Carruages, aunque nunca ſe permite que paſen juntos. Pero los Puentes que ſe conſtruyen ſobre

(20) A eſta Curva, que muchos dicen de la equilibracion, la llama *Mr. Belidor* la *Sinuſoide.*

bre grandes Rios, deben tener à lo menos de 24 à 42 pies de anchura: El de *Fulham* tiene 26, y el de *Westminster* 51, incluyendo las banquetas para la Gente de à pie, y los guardalados.

Si en un Foso seco se hubiere de construir un Puente de Piedra; el modo de establecer los fundamentos de las Cepas ò Pilares, no difiere del que se ha explicado para los Muros: solo se ha de advirtir, que como es grande el peso que carga sobre las Cepas, es necesario extender à proporcion la base del Cimiento, el qual siempre se prepara con Pilotage, y Reja de madera, à menos que al tiempo de hacer la excavacion se encontrase un lecho de Piedra, ù otro Terreno de naturaleza muy firme.

Pero quando el Foso fuere de agua, serà preciso clavar dos filas de Estacas engargoladas (21) que encerrando un espacio de 4, ò 6 pies de

(21) Por Estacas engargoladas se entiende aqui lo que los Franceses llaman *Palplanches*, y los Ingleses *Dove-tail piles, òr planks*; y no son otra cosa que unos Tablones gruesos, que por uno de sus cantos tienen una canal, y por el opuesto una espiga, ò resalte corrido por toda su longitud: Estos Tablones estàn aguzados por un extremo, y se clavan unos junto à otros à fuerza de mazos, quedando tan unidos, y enlazados por medio de las canales y resaltos, que forman como una sola pie-

de latitud, circuyan todo el Cimiento à 6 pies diſtante de èl por todas partes: eſte eſpacio ſe rellena de Greda bien apiſonada, para que el agua no penetre al Cimiento y ſe pueda hacer comodamente la excavacion. Tambien ſe ſuelen clavar para el miſmo fin dos ordenes de Eſtacas comunes, en la miſma forma que las antecedentes, clavandoles Tablas por la parte interior de la faxa que encierran, la qual ſe maciza con Greda bien apretada, para contener el agua.

Diſpueſto eſte genero de encaxonado, ſe extrae el agua que incluye, y ſe profunda la excavacion para el Cimiento, ſegun queda explicado en la Seccion VII. Eſte metodo de eſtablecer los fundamentos de un Puente, ſe ſigue por lo regular, mientras el agua no ſea muy profunda, ni ſu corriente muy rapida. Las dimenſiones de los Pilares, reſpecto al claro de los Arcos, como tambien la longitud que correſponde à las Dovelas, ſe explicaràn al fin de eſta Obra.

Quando el Puente ſe hubiere de conſtruìr ſolo de madera, es neceſario clavar filas de Eſtacas reforzadas à travès de la longitud del Puente, y à diſtancia de 12, ò 14 pies una fila de

pieza, muy à propoſito para contener el agua. En la Seccion I. de la Parte IV., ſe daràn varios Diſeños de eſte genero de Eſtacas.

de otra: Despues de haber clavado las Estacas quanto haya permitido la naturaleza del Terreno, se deben cortar sobre un mismo nivel; y encima de las cabezas de cada una de las filas (que constituyen como las Cepas del Puente) se clava una Viga, ò Durmiente robusto, que las sujeta à todas con buenos pernos de hierro: Sobre estos Durmientes se asientan los Traveseros, que son unos Quartones de proporcionado grueso para resistir al peso que pueda imponerse al Puente; y luego siguen los Tablones, que se clavan à los Traveseros, y sirven para recibir el empedrado, ò pavimento. Las Figuras 1, 2, 3 representan la Elevacion, Plano, y Perfil de un Puente de la clase que se ha explicado. *Lam. 15.*

Las Estacas A, tienen 14 pulgadas de grueso por uno, y otro lado: los Durmientes B, 16 pulgadas de latitud, y 19 de altura: los Traveseros C, 10 de ancho, y 14 de alto; y à los Tablones se les dà 4 pulgadas de grueso. Las dimensiones de los maderos que forman la Barandilla, ò Guardalados del Puente, son: à los Postes E se les dà de grueso 4 pulgadas por el frente, y 6 de fondo, y à los Pasamanos *d*, tambien se les dà el mismo espesor; pero los Traveseros *e*, y las Tornapuntas *f*, se hacen de menos robustez, por que no trabajan tanto.

A cada uno de los Durmientes B, que distan entre sì 12 pies, los sostienen 5 Estacas ò Pilotes, como A: pero quando la altura fuere mayor, serà necesario aumentar el numero de Estacas, para que el Puente resulte de la debida robustez. Estos Pilotes conviene que estèn mas abiertos en lo inferior, que junto à los Durmientes, segun se representan en el Perfil; pero como es mas facil clavarlos verticalmente, por lo comun se les dà esta posicion: No obstante, respecto que con la Machina nuevamente inventada por *Mr. Vaulvois's* (22), se clavan obliquamente las Estacas, con la misma facilidad que las verticales; es de preferir la situacion obliqua, por que dà al Puente mayor resistencia.

Si el Terreno fuere muy fuerte, ò cascajal, serà preciso guarnecer las Estacas con puntas de hierro. Los Estribos de todos los Puentes, siem-se

(22) La Maquina que cita *Mr. Muller*, inventada por *Mr. Vaulvois's*, celebre Relogero de Londres, es la mas singular, y expeditiva que se ha discurrido para clavar con presteza, asi las Estacas verticales, como las obliquas; à lo menos hasta el tiempo en que escribiò el Doctor J. F. *Desaguliers*; pues con esta recomendacion la explica en el Segundo Tomo de su *Phisica Experimental. Lec.* 12. *pag.* 488: Pero con mas claridad la trae *Mr. Belidor* en su *Architecture Hydraulique. Tomo* 3. L. 1. *Cap.* 8. *pag.* 183, à cuya Obra puede acudir el Estudioso, si necesitare imponerse en su estructura particular.



ſe deben conſtruir de mampoſterìa; por que depende de ellos, en la mayor parte, la firmeza y robuſtez de todo el Puente.

Quando eſte ſe ha de eſtablecer ſobre un Rio navegable, importa que las diſtancias entre Cepa y Cepa, ſean mayores en el medio de la corriente que àcia las orillas, para dàr paſo à las Embarcaciones; y para evitar que eſtas choquen contra las Cepas, ſe clavan ſobre las Eſtacas dos ò tres Tablones, que ſe eleven algo mas que la ſuperficie del agua. Si la corriente fuere muy rapida, ſerà neceſario guarnecer las Cepas con Taxamares de una y otra parte: Eſtos Taxamares ſe forman con dos ordenes de Eſtacas, clavadas en figura triangular, para que las aguas ſe dividan antes de llegar à las Cepas, y à eſte fin ſe aforran con Tablones los miſmos Taxamares. De eſta ſuerte eſtà fabricado el Puente de *Fulham*; pero los que ſe conſtruyen en los Foſos de las Fortalezas, no neceſitan de tantas precauciones.

En los Foſos donde el agua varìa de altura, eſtàn ſujetas las Eſtacas à podrirſe en poco tiempo. Para evitar eſte inconveniente, importa eſtablecer las Cepas de madera ſobre fundamentos de mampoſterìa, que ſe eleven algo mas que la mayor altura del agua: Sobre eſtos Cimientos ſe aſientan fuertes Durmientes, en quienes ſe eſpigan y empalman los pies derechos, que han de ſoſtener el Puente. De

eſte modo, no ſolo ſe harà una Obrã de mucha duracion, ſino tambien ſe evitaràn los continuos reparos, que ſobre coſtoſos, ocaſionan detencion y perjuìcios à los que deben paſar el Puente.

Para que los Carruages; y Caballerìas no deſtruyan la tablazon del piſo, ſe cubre con un pie de Arena ò de Caſcajo, y aun ſe empiedra por lo comun, eſpecialmente en las Plazas de Armas. El Caſcajo ò el empedrado, ſe diſpone con un lomo en el medio, para que las aguas llovedizas ſe difundan al Foſo ſin penetrar à las maderas. De eſta ſuerte eſtà repreſentado el pavimento del Puente en las Figuras 1. 2. 3.

Algunos Archîtectos quieren, que las Eſtacas ſe claven, de ſuerte, que la parte que era cepa del Arbol quede àcia baxo, y la que eſtaba àcia las ramas conſtituya la cabeza de la Eſtaca; y otros opinan todo lo contrario. La razon que alegan los primeros para ſeguir eſta pràctica, es: que las maderas ſe deben emplear en la miſma diſpoſicion que ſe crian, para que ſe conſerven mas tiempo, reſpecto que ſus fibras no variaràn de eſte modo ſu propria natural ſituacion. Los de dictamen opueſto ſoſtienen, que ſiempre que ſe corten y claven en eſta forma, hay baſtante motivo para creer, que el agua ſe introducirà con mucha facilidad por aquellas partes de donde ſe cortaron

las

las ramas, y por consiguiente, que en poco tiempo quedaràn inutiles las Estacas: Pero que clavandolas en contraria posicion, despediràn naturalmente toda el agua, sin que pueda hacer daño à la madera.

Volviendo à los Puentes de comunicacion, que se construyen en las Plazas, se ha de tener presente: que los Sitiadores procuran siempre destruìrlos con Fuegos Artificiales, Balas, y Bombas, para impedir que las Obras exteriores sean socorridas por la Guarnicion de la Fortaleza. Para evitar este daño, es preciso dàr à estos Puentes, la menor altura que se pueda; esto es, si los Fosos fueren de agua, se debe establecer el piso del Puente inmediatamente sobre el nivel de las aguas, y algunas veces un pie mas baxo; à cuyo fin, y para ahorrar gastos, se clavan filas de Pilotes robustos, de 12 en 12 pies, hasta atravesar la anchura del Foso, y en la forma que se ha explicado antecedentemente: Las cabezas de las Estacas en cada una de las filas, se cubren con buenas Vigas, ò Durmientes clavados con pernos de hierro, y sobre estos Durmientes, se tienden unos Tableros hechos à proposito, los quales se conservan almacenados, mientras no hay necesidad de pasar el Puente.

Quando el agua fuere de bastante profundidad, se tiene à prevencion un competente numero de Lanchas, para atravesar desde la

Cor-



Cortina al Rebellin, en el caſo que ſe inutilice el Puente. Los que conducen deſde los Rebellines à las Contraguardias, Lunetas, ò Camino cubierto, ſe eſtablecen ſiempre àcia los angulos de la eſpalda, quando no hay Flancos; y para ſu comunicacion con las Obras de donde ſalen, ſe abre en el Terraplen, y Parapeto de eſtas el correſpondiente paſo.

Como la pequeñez de eſta Obra no permite incluir en ella un tratado completo ſobre la conſtruccion de los Puentes, ſino ſolo quanto baſte para la inſtruccion de un Joven Ingeniero, atendiendo à lo que ocurre con mas freqüencia en la pràctica; no me detendrè en explicar la Fabrica de varios generos de Puentes de madera, que ſe hacen con uno ò diferentes Arcos, y de los quales tratan diverſos Autores; ni tampoco hablarè de los Puentes volantes, ò movibles, por no eſtar en pràctica en eſte Pais (23).

ADICION.

De los Puentes de Madera que ſe eſtablecen en los Rios.

(23) LOs Puentes de Madera que ſe eſtablecen ſobre los Rios, pueden ſer Movibles, Volantes, Proviſionales, y Fixos. De la primera eſpecie ſon los que ſe conſtruyen ſo-

,, bre

,, bre Barcas ò Pontones, que se elevan ò de-
,, primen, segun la altura que toman las aguas,
,, como el Puente de Sevilla sobre el Guadal-
,, quivir, y el de Tortosa sobre el Ebro. Los
,, Puentes Volantes no son otra cosa, que unas
,, Barcas chatas de proporcionada capacidad,
,, para recibir à su bordo las Gentes, Caballe-
,, rìas, y Carruages que han de pasar el Rio; las
,, quales à la ayuda de una maroma, asegurda
,, à las dos riberas, se transfieren de una à otra
,, con los pasageros: como las Barcas de Aze-
,, ca sobre el Rio Tajo, y otras muchas que
,, hay en España.

,, Los Puentes provisionales tienen su
,, principal uso en la Guerra: sirven para el pa-
,, so pronto de un Exercito, y luego se desha-
,, cen: su construccion es diversa, segun las oca-
,, siones, y circunstancias que se presentan. Al-
,, gunas veces se forman sobre pequeñas Bar-
,, cas de Cobre, hoja de Lata, ò Cuero: Otras
,, se establecen sobre Boyas hechas con Tone-
,, les, Pellejos llenos de viento, grandes Made-
,, ros ahuecados y embreados, ò bien sobre
,, Balsas compuestas de Tablones, ò faxos
,, de cañas, ù otra materia ligera; y finalmente
,, en algunas ocasiones conviene construirlos
,, sobre filas de Estacas, clavadas en el fondo
,, del Rio: De esta clase, dice *Palladio* (a),
fuè

(a) *Architecture de Palladio Part. III. Cap. 6.*

,, fuè el que mandò hacer *Julio Cesar* sobre el ,, *Rhin*, para estender sus Conquistas.

,, Los Puentes fixos ò permanentes, son ,, los de mayor consideracion: por que destinados para el uso, y comodidad del Pùblico, ,, deben subsistir todo el tiempo que sea posible. A este fin, es necesario construírlos con ,, mucha solidez, empalmando y trabando ,, las maderas de tal modo, que no solo puedan resistir al continuo paso de las Gentes, y ,, Acemilas; sino tambien al peso que se les ,, imponga con toda clase de Carruages, y Artillerìa. Estos Puentes se hacen de dos maneras: ya sobre filas de Estacas, que sostienen el ,, enmaderado Plano que forma el paso, como el que se expresa en la Seccion antecedente, ò redoblando las Estacas en cada Cepa, ,, segun tenemos uno en Fraga sobre el Rio ,, Cinca; y ya sobre Pilares de Piedra, que ,, habiendo de resistir solo al peso de las maderas, y al que ocasione el pasage, no necesitan ser tan robustos como si hubiesen de ,, mantener Arcos de mamposterìa. De esta ,, clase de Puentes se hallan muchos en *Italia*, ,, algunos en *Francia*, y no pocos en *Inglaterra*.

,, Aunque en España no estàn muy en uso ,, los Puentes de madera, singularmente los ,, que se construyen con Pilares de mamposterìa y ensamblages en forma de Arcos; aten-

,, dien-

,, diendo à lo util que pueden ser en muchas ,, ocasiones, se añaden aqui algunos Diseños, ,, acompañados de la explicacion necesaria ,, para hacer inteligible su estructura, y fabri- ,, ca, por si ocurriendo la precision de esta- ,, blecer alguno, no hubiere fondos suficientes ,, para hacerlo de mamposterìa, ò lo impi- ,, diesen las circunstancias y naturaleza del ,, Rio.

,, En las Figuras 1. y 2. se manifiesta el ,, Plano y Elevacion de un Puente de madera, ,, que se executò sobre el Rio *Cismone* entre ,, las Montañas que separan la *Italia* de la *Ale-* ,, *mania*. Este Puente lo describe *Palladio* (*a*) ,, con particnlar recomendacion, no solo por ,, su hermosura, comodidad, y robustez, sino ,, tambien por ser de invencion tan ingeniosa, ,, que sin Arcos, ni mas Pilares que los Estribos, ,, se abrazò con un tramo de ensamblage la ,, anchura de 100 pies *Vicentinos*, que hacen ,, 42 $\frac{1}{3}$ varas de Castilla. A este recurso obli- ,, gò la mucha rapidez que llevan las aguas ,, de aquel Torrente; pues el choque de los ,, Arboles, y Piedras que acerrea en tiempo de ,, lluvias, arruinava continuamente los Pila- ,, res. Por las mismas circunstancias, y en algu- ,, nos casos, podrà tener en España muy util ,, aplicacion este genero de Puente, cuya dis- ,, posicion es como se sigue.

Lamina 1. A *Fig.* 1.2.

(a) *Arch. de Palladio Cap.* 8.

,, La diſtancia AB, que hace la longitud
,, entre los Eſtribos X, X fabricados de mam-
,, poſterìa contra los ribazos del Rio, ſe dividiò
,, en 6 partes iguales con 5 Maderos ò Cabe-
,, zales, como C, de 14 pulgadas de grueſo, y
,, de proporcionada longitud à la anchura del
,, Puente: Sobre los extremos de eſtos Cabe-
,, zales ſe colocaron unas Vigas, como D,
,, bien ajuſtadas por ſus cabezas para formar las
,, Soleras de los guardalados: Encima de los
,, empalmes de eſtas ſe puſieron los Poſtes E,
,, que ſe ligaron fuertemente con los Cabeza-
,, les y Soleras, por medio de barrotes, abra-
,, zaderas, y pernos de hierro: Al miſmo tiem-
,, po ſe enlazaron cada tres Poſtes por ſus ex-
,, tremos ſuperiores con rioſtras como F, de
,, las quales las dos extremas, haciendo oficio
,, de Tornapuntas y eſtribando en la parte
,, firme de las Soleras, entallan à la interme-
,, dia con mucha fortaleza; y ademàs ſe traba-
,, ron con rioſtras, ò pequeñas Tornapuntas
,, G para la mejor union del todo. De manera,
,, que los Cabezales, Soleras, Poſtes, Rioſtras,
,, y Tornapuntas, forman un enſamblage tan
,, ſolido, que lexos de poder ceder con el ma-
,, yor peſo que ſe le imponga, neceſariamen-
,, te ha de aumentarſele ſu robuſtez y firmeza,
,, como lo perſuade el exâmen del miſmo Di-
,, ſeño. Deſpues ſe colocaron ſobre los Cabeza-
,, les los Traveſeros H, que recibieron la tabla-

,, zon,

,, zon, y empedrado del Puente, el qual re-
,, ſultò con la ventaja de tener ſu piſo caſi en
,, el miſmo nivel de los Caminos.

,, El mayor grueſo de los Maderos que ſe
,, emplearon para eſte enſamblage no excediò,
,, ſegun dice el miſmo Autor, de 14 pulgadas
,, de alto y 10 de ancho; pero à los Traveſe-
,, ros aun ſe les diò menor robuſtez, por que
,, toda la firmeza depende del buen enlace de
,, los Guardalados, y Cabezales.

,, Entendida la trabazon, y enlace de
,, eſte Puente, ſerà facil concebir la diſpoſicion
,, de los que repreſentan los demàs Diſeños de
,, la Lamina 1. A, pues todos ſe componen de
,, Cabezales, Soleras, Poſtes, y Rioſtras em-
,, palmados de la miſma ſuerte para conſ-
,, tituìr la firmeza del enmaderado.

,, La Figura 3 manifieſta el enſamblage *Fig. 3.*
,, de un Puente de madera, que ſegun *Mr. Fa-*
,, *yolle*, citado por *Mr. Gautier* (*a*), ſe ha exe-
,, cutado en Francia con mucho credito ſo-
,, bre diferentes Arroyos de muy rapida cor-
,, riente, dandoles 10 toeſas ò bien 23 $\frac{1}{3}$ va-
,, ras de Caſtilla deſde un Eſtribo à otro, que
,, ſe conſtruyeron de mampoſterìa à los dos
,, margenes del agua.

,, El Puente que repreſenta la Figura 4, *Fig. 4.*
,, que le trae *James Smith* (*b*), ſe comprehen-

Yy 2 ,, de

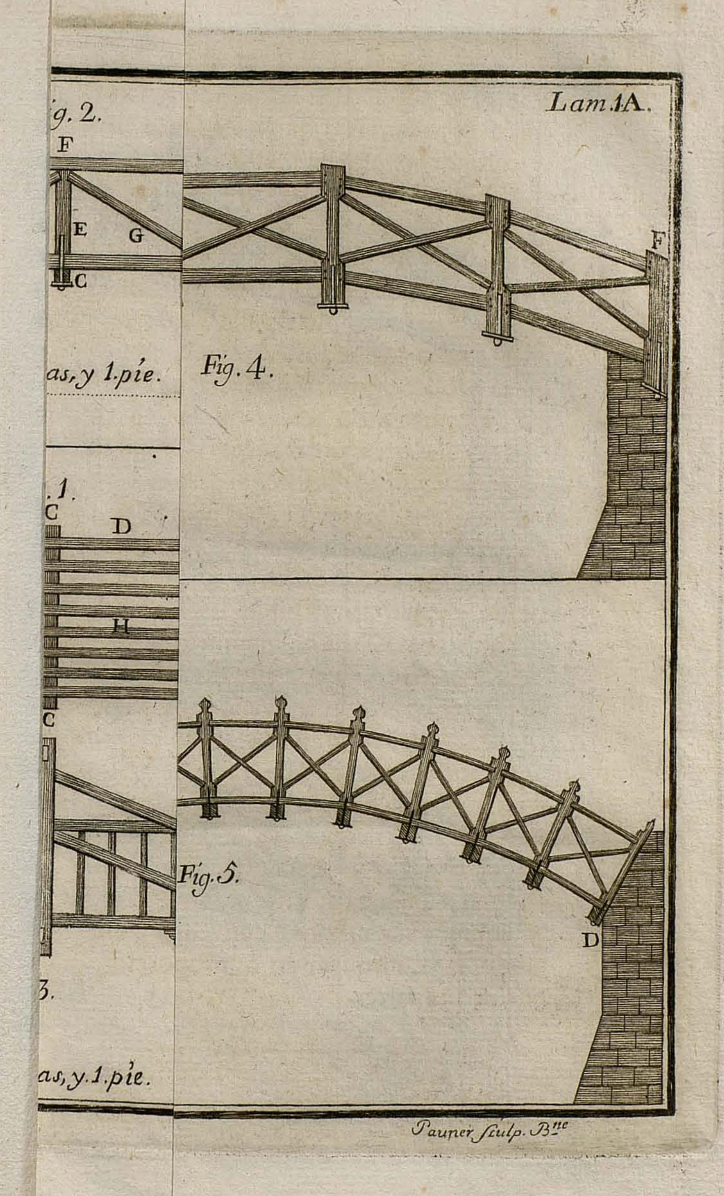
(*a*) *Traite des Ponts. Chap.* 23.
(*b*) *The Carpenters companion. pag.* 31

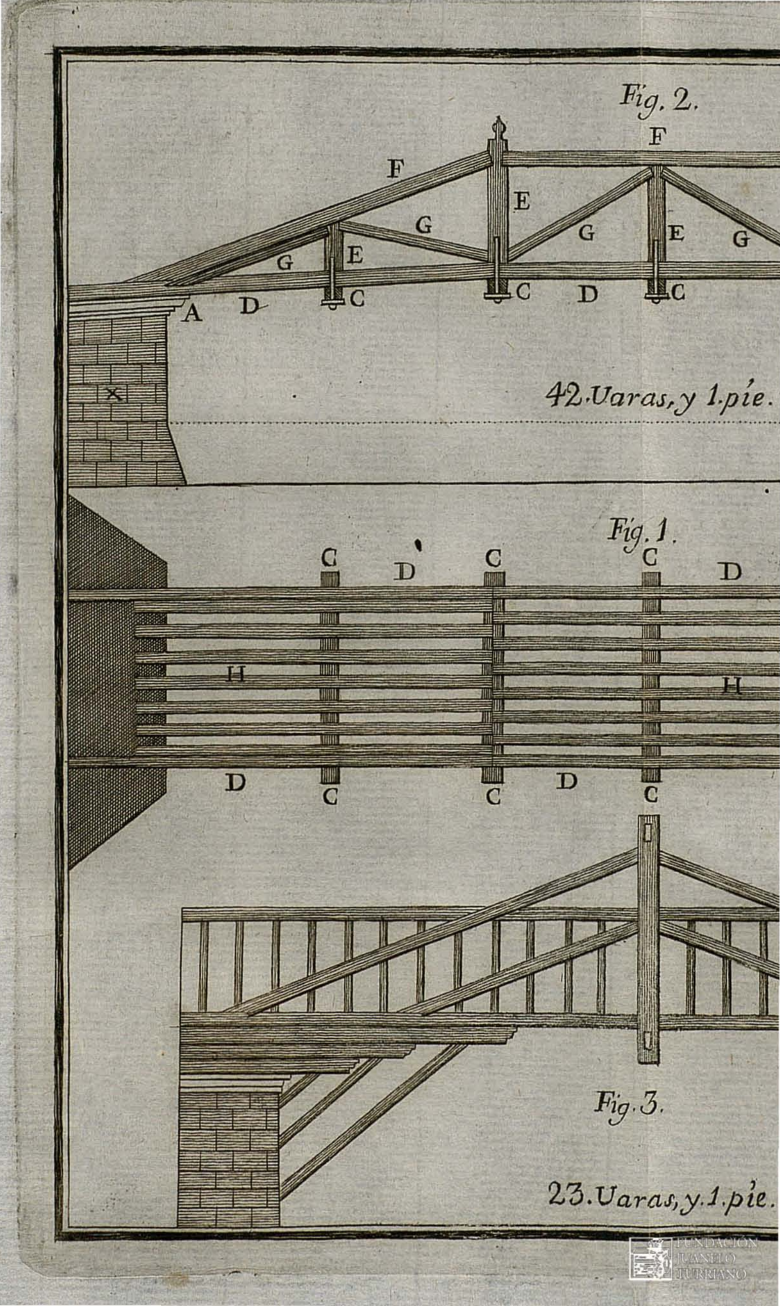
,, de en una porcion de Semicirculo: Las Rioſ-
,, tras ò Peynazos A, que encadenan los Poſ-
,, tes B, deben ſer paralelas à las Soleras C,
,, trabando al miſmo tiempo los Poſtes con
,, Rioſtras en forma de Aſpas, como D. Los
,, Poſtes han de ſer en numero par, à fin que
,, los dos del medio con ſu Aſpa, Solera, y
,, Rioſtra, ſirvan como de clave que ſujeta al
,, Arco; pero los de los extremos, como E, y
,, F, es preciſo apoyarlos contra un Muro fir-
,, me, ò contra otros Arcos, para que todo el
,, enſamblage permanezca ſeguro.

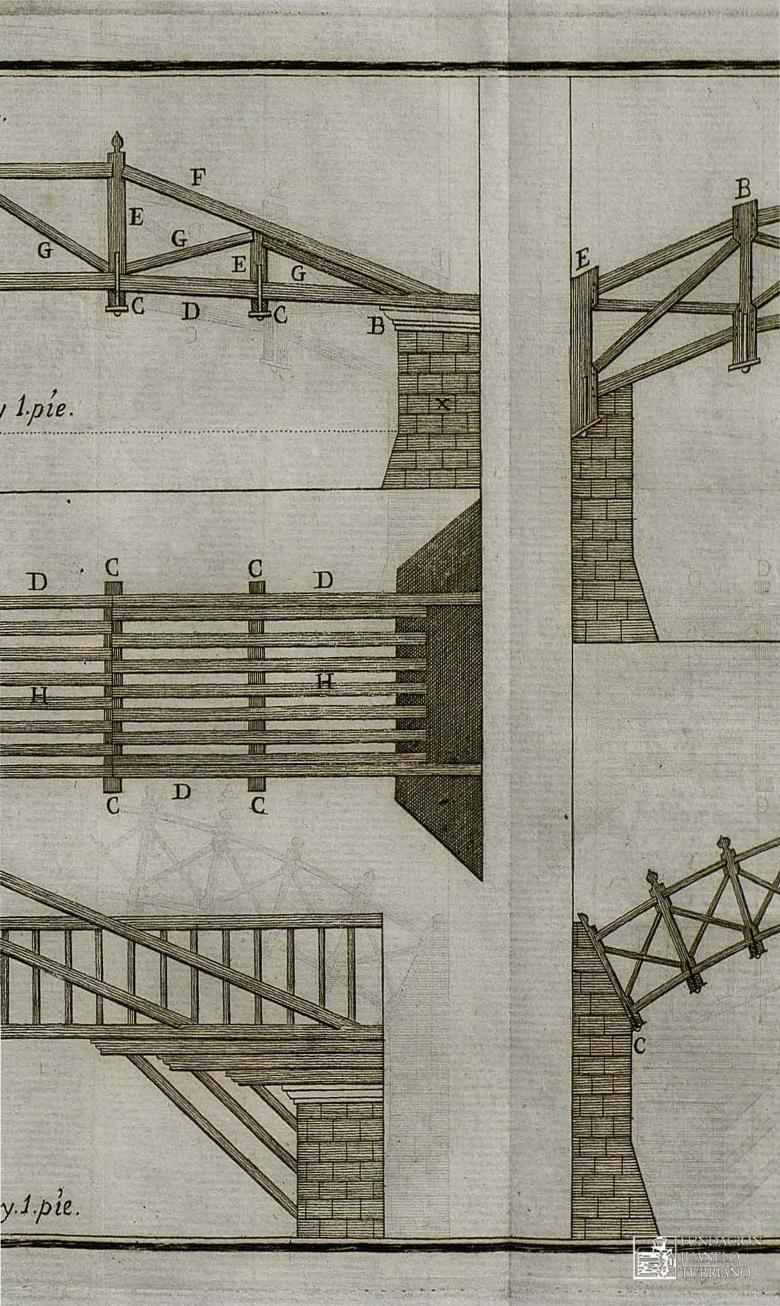
,, *Palladio* (*a*) propone otro genero de
Fig. 5. ,, texido de maderas para un Puente, que aun
,, es mas primoroſo, y mas fuerte que el del
,, anterior Diſeño, como ſe puede ver en la
,, Figura 5; pues dirigiendoſe los Poſtes A àcia
,, el Centro del Circulo, de quien es porcion
,, el miſmo Arco, queda eſte divido en Dove-
,, las, que contribuyen mejor à la firmeza y
,, ſeguridad del enſamblage: Pero en todo lo
,, demàs no difiere ſu diſpoſicion de la idea an-
,, tecedente. La longitud de los Poſtes, quiere
,, *Palladio* que ſea igual à una oncena parte
,, del claro CD; y añade, que eſte genero de
,, Puentes (Figuras 2, 4, 5,) ſon aplicables à
,, qualquiera anchura que convenga, aumen-
,, tando ò diſminuyendo à proporcion cada
,, una de ſus partes.

,, Ade-

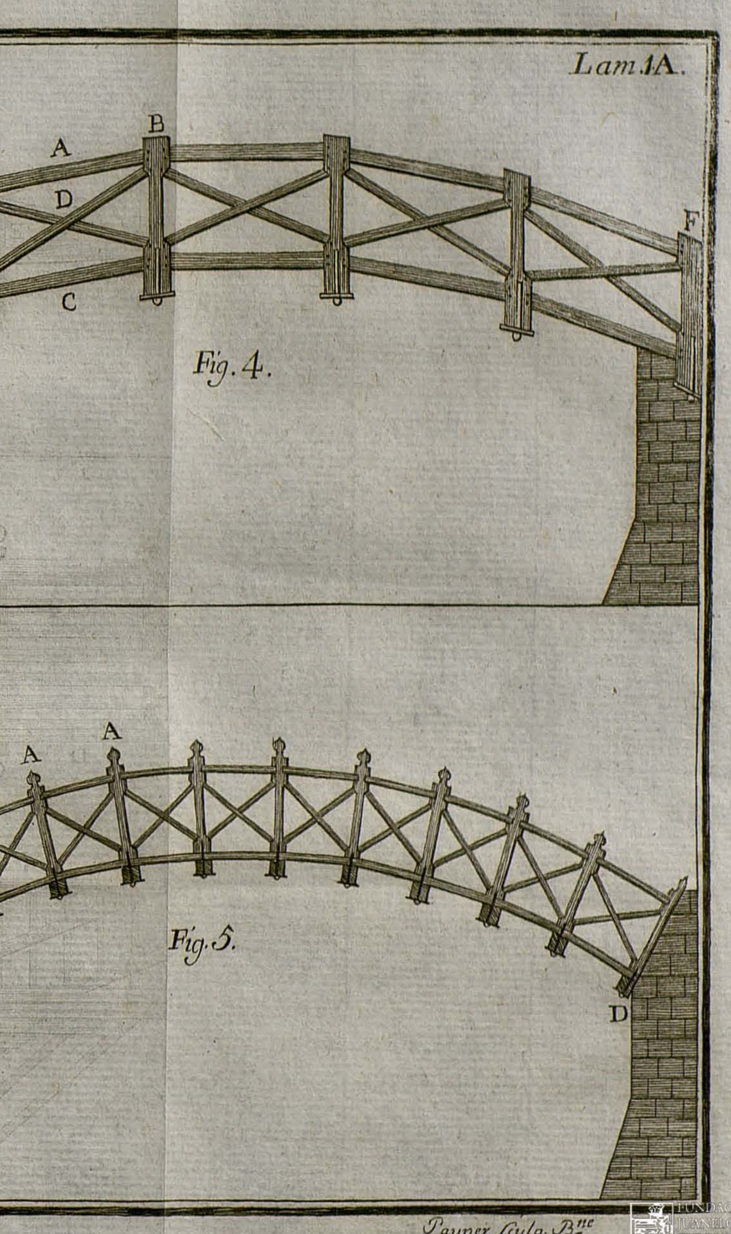
(*a*) *Arch. Part. III. Cap* 9.

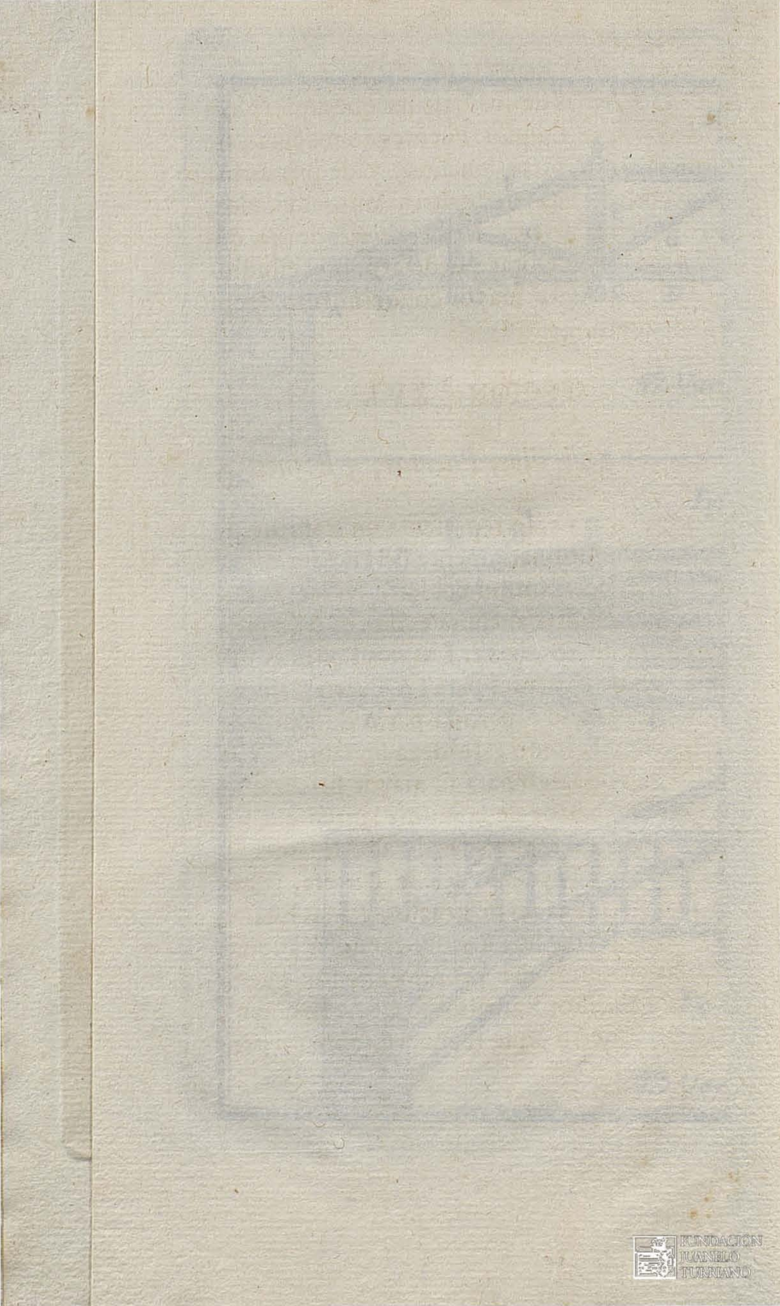

Lam.1A.
ig. 2.
F
E
G
C
F
as, y 1.pie.
Fig. 4.
.1.
C
D
H
C
Fig. 5.
D
3.
as, y. 1. pie.
Pauner sculp. B.ne


Fig. 2.
F
F
E
G
G
E
G
G
E
A
D
C
C
D
C
X
42.Varas, y 1.pie.
Fig. 1.
C
D
C
C
D
H
H
D
C
C
D
C
Fig. 3.
23.Varas, y.1.pie.
FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



F
E
G
G
E
G
C
D
C
B
X
y 1.pie.
C
C
D
D
H
H
C
D
C
y.1.pie.
B
E
C
FUNDACION JUANELO TURRIANO


Lam.14.
A
B
D
F
C
Fig. 4.
A
A
Fig. 5.
D
Pauper sculp. B.ne



„ Además de los Diseños que aqui se han „ dado para algunos Puentes de madera, se „ encuentran otros muchos, y de primorosa „ inventiva, asi en los tres Autores citados, „ como en la *Science des Ingenieurs* de *Mr. Belidor*, à cuyas Obras puede acudir el estudioso si necesitare mayor conocimiento sobre „ este asunto.

SECCION XVI.

De los Rastrillos, Puertas, y Peynes.

EN la Figura 5. se representa un Rastrillo de los que ordinariamente sirven para cerrar las Surtidas del Camino cubierto en las Fortalezas. Su latitud ò anchura es de 16, ò 18 pies, y su altura de 10, ò 12. Los dos Postes A, B, que sirven de batientes para las Puertas, tienen un pie de grueso; pero la parte C que debe entrar en el Terreno, se dexa sin labrar, y se le dà 6 pies de largo para su mayor firmeza: El Umbral D, se hace de la misma latitud que los Postes, pero de 6 pulgadas de alto solamente. Los Cercos, y Peynazos de esta Barrera, se hacen de 6 à 7 pulgadas de grueso, y à las Estacas ò Barras se les dà de 3 à 4, sujetandolas à todas con una Riostra del proprio espesor puesta en diagonal. Estos Rastrillos se aseguran con un barrote de hierro, que se mueve sobre un perno,

Lam. 15. *Fig.* 5.

no ò Exe, de tal modo que quando ſe eleva por un extremo ſe baxa por el otro, y entallado el uno en una Armella, ſe ſujeta el opueſto con un paſador, cadena ò llave, en la forma que manifieſta la Figura.

La Puerta principal de una Plaza ſe hace de dos hojas, para que ſe pueda abrir y cerrar comodamente: cada una ſe compone de Cer-
Lam. 14. *Fig.* 4. cos y Peynazos, contra quienes ſe clavan grueſos Tablones, que por la parte exterior ſe guarnecen con chapas de hierro haſta la altura de 8, ò 9 pies, y diferentes barrotes con ſus clavos à cabeza de diamante, para que ſea dificil el arrancarlos. Eſtas hojas de Puerta tienen ſu movimiento por un fuerte quicio de hierro A, que eſtriba ſobre un dado de la miſma materia, y en la parte ſuperior àcia B ſe le clavan biſagras muy robuſtas, enlazadas en ſus machos que eſtàn de firme en el Muro. En una de las hojas ſe ſuele diſponer un Poſtigo, como C, para la preciſa comunicacion de las Tropas en tiempo de Sitio, y tambien para ſalir al romper del dia à hacer la deſcubierta y reconocer las avenidas de la Plaza.

El Peyne conſiſte en un Enrejado de grueſas Eſtacas verticales clavadas à otras horizontales, en la forma que ſe manifieſta
Fig. 5. por la Figura 5: El Peynazo inferior, como aſimiſmo las Eſtacas verticales haſta la altura de 8 pies, ſe cubren con chapas de hierro, para

que

que no ſean deſtruìdas facilmente. Eſta Barrera ſe ſuſpende por dos cadenas amarradas en A, y B, y envueltas en un Torno que ſe coloca ſobre el paſo de la Puerta, por cuyo medio ſe hace caer quando conviene, para detener al Enemigo en el caſo que haya ganado la entrada. En mi opinion ſon mas ventajoſos los Peynes que no los Organos; por que eſtando bien herradas ſus Eſtacas, no podrà el Enemigo deſtruìrlas aunque ſe acerque, y al favor de ellas tendràn buena ocaſion los Sitiados para defender el paſo; ademàs que ſobre eſte ſe dexa en la Boveda un Matacàn ò Abertura, para arrojar Piedra y Metralla con que ſe embaraza mucho al Enemigo (24).

SEC-

(24) El uſo del Peyne ſe inutiliza luego que ſe le ponga debaxo algun obſtaculo, como lo hace ver Don Sebaſtian Fernandez de Medrano (*a*); y por la miſma razon le repruba el Brigadier Don Pedro de Lucuze en ſu Diccionario de Fortificacion (*b*), manifeſtando que el Organo es mas provechoſo, por la facilidad con que ſe cubre el defecto de una Eſtaca rompida, por que luego cae el reſtante trozo. El expreſado Diccionario, le he leìdo manuſcrito, y es laſtima que una Obra como eſta no ſe imprima pronto, para utilidad del Servicio de S. M., y facil inſtruccion de todo el Exercito: pues en un pequeño volumen ſe comprehenden las mejores, y mas importantes maxîmas de Fortificacion, y del Arte de la Guerra que deben ſaber todos los que ſiguen el noble Exercicio Militar.

(*a*) *El Architecto perfecto lib.* 2 *pag.* 138.

(*b*) *Diccionario de Fortificacion. numeros* 175, 176.

SECCION XVII.

De las Garitas, y Neceſarias.

MUcho tiempo ſe ha ſeguido la pràctica de conſtruìr de Piedra cortada las Garitas, colocandolas en los angulos ſalientes de los Baluartes y de las Obras exteriores; pero habiendo moſtrado la experiencia, que en eſta forma ſon provechoſas à los Sitiadores para dirigir por ellas ſus ataques con acierto, ſe hacen por lo comun de madera y portatiles, à fin de ſituarlas donde mejor convenga. Lo mas regular es ponerlas ſobre el Parapeto en la mitad de las Caras, en cuyo parage ſe hacen unos eſcalones de Piedra, ò de Madera para que ſuba la Centinela à la Garita: De eſte modo ſe evita que el Enemigo ſe utilice de ellas en perjuìcio de la Plaza, y ſobre eſta ventaja, ſe logra la de ſu menor coſte y facil manejo.

Fig. 6.7. La Figura que ordinariamente ſe dà à las Garitas de madera, es la de planta quadrada, ò pentagona: De eſta ultima eſpecie ſerà la que explicarèmos aqui; por que dirigiendo uno de ſus angulos àcia la Campaña, ſe deſcubren mejor por los lados adyacentes, todas las inmediaciones. Los lados AB de la baſe, ſe hacen de $3\frac{1}{2}$ pies, ò 4: al cuerpo de la Garita ſe le dàn 7 pies de altura, comprehendida

deſ-



desde C hasta D, y se cubre con una Montera, cuyos cinco Planos tengan proporcionada inclinacion para que no se detengan las aguas quando llueva. Los maderos que forman el ensamblage del Suelo, deben resaltar un pie por todas partes, à fin que aumentandose la base, pueda resistir mejor al impulso de un fuerte viento; y no siendo suficiente esta precaucion, convendrà asegurarla con Estacas, que se clavan en el mismo Parapeto. En cada frente de la Garita se dexa una aspillera, ò ventanilla de 4 pulgadas de ancho, y un pie de alto. El Plano y Elevacion del todo, es tan claro que no necesita de mas explicacion para entenderse.

Para la Casa del Gobernador, Almacenes, y Quarteles, se hacen las Garitas de forma quadrangular; por que solo tiene que invigilar la Centinela uno ò dos parages: A la base se le dàn 4 pies de lado, y en lo demàs no se diferencia su Fabrica de la antecedente; pero se procuran hacer muy ligeras, para transportarlas con facilidad de un lugar à otro (25). *Fig. A.*

(25) En tiempo de Sitio ya se sabe, que asi las Garitas de Piedra, como las de Madera que se presentan en los Frentes del ataque, son los objetos à quienes se dirigen los primeros tiros; y por lo mismo, que unas y otras padecen luego su ruina: Pero atendiendo à que no siempre estàn las Plazas en Guerra viva, y à la corta du-

Las Neceſarias ſe deben ſituar ſobre los Rios, para evitar en lo poſible los efectos de ſu mal olor: pero en las Plazas donde no haya eſta proporcion, ſe diſponen en las Cortinas, abriendo un paſo en el Parapeto, y ſoſteniendolas con Tornapuntas de hierro, para que ſe abancen en el Foſo haſta quedar fuera de la Eſcarpa del Muro principal; cuydando al miſmo tiempo de no acercarlas à las Poternas, para que no incomoden ſu uſo. Mejor ſerìa conſtruìr los Comunes en el declivio del Terraplen, y ſobre los Huſillos, ò Atarxeas principales; por que el agua de las lluvias las conſervarìa ſiempre limpias, y ſe evitarìa el daño que puede ocaſionar la corrupcion de las materias detenidas.

SEC-

---

duracion de las Garitas de madera, ſe hacen preferibles las que ſe conſtruyen de piedra, no ſolo por que dàn à las Fortalezas cierto áire de mageſtad y decoro, que no pueden las de madera; ſino tambien por que reſultan de menos coſto, con motivo de ſu mayor permanencia. Por eſta razon ſe añade en la Lamina 14. el Plano B, y la Elevacion C de una Garita exâgonal de piedra cortada, propria para ſituarla en un angulo ſaliente de los del Cuerpo de la Plaza: Y como todas ſus dimenſiones eſtàn arregladas con exâctitud à la eſcala que acompaña, ſe omite ſu explicacion en beneficio de la brevedad. Eſte miſmo Diſeño es ſuficiente para hacer las Garitas circulares, ò pentagonales de piedra; pues ſin variar las alturas del todo y de ſus partes, no hay mas que determinar ſu baſe, de tal ſuerte que la Centinela tenga baſtante capacidad para recogerſe.

SECCION XVIII.

Diſtribucion de las Calles, y Caſas de una Fortaleza.

ANtiguamente ſe fabricaban las Ciudades ſin mas regularidad, ni ſimetrìa que la que à cada Artifice le dictaba ſu miſmo capricho: pero en eſtos tiempos, ſiempre que ſe ha de fortificar algun parage que no eſtà ocupado por Caſas ò Edificios, ſe atiende con eſpecial cuydado à diſponer todas ſus partes en la mejor forma poſible. Para eſto es neceſario dàr al Terreno un miſmo nivel à iguales diſtancias del Centro de la Plaza, deſcendiendo gradualmente deſde eſte punto con un declivio ſuave, haſta los Terraplenes, para que el agua de las lluvias tenga facil ſalida al Foſo.

Algunos Ingenieros Alemanes, quieren que tòdas las Calles, ſaliendo del Centro de la Plaza, ſe dirijan al medio de los Baluertes, y Cortinas; pretendiendo, que de eſte modo las Tropas que ſe unen en la Parada, podràn transferirſe con mayor brevedad à los pueſtos del Recinto, donde ſea preciſa ſu aſiſtencia: Pero aunque eſta idea pueda ſer util en tiempo de Sitio, reſultan las Caſas, y Edificios con angulos tan agudos, que impoſivilitando en mucha parte el uſo que deben tener, ocaſionan

graves inconvenientes; y por lo proprio nunca ſe podrà ſeguir eſta pràctica.

No ſolo ſe ha de atender à la regularidad de las Calles, ſino tambien à la mejor ſituacion de los Edificios Militares: como la Caſa del Gobernador, Quarteles, Arſenales, y Almacenes para polvora y municiones. La Caſa del Gobernador tiene ſu proprio lugar en medio de uno de los lados de la grande Plaza, en frente de la Igleſia principal, de tal ſuerte, que deſde ſus Ventanas, y Balcones pueda ver formadas las Tropas, y la Guarnicion ſobre las Armas. En eſta Plaza tambien debe haber un Cuerpo de Guardia para el ſoſiego del Pueblo, y para mantener las Centinelas de la Puerta del Gobernador, y de los Almacenes inmediatos. Los demàs Cuerpos de Guardia ſe diſtribuyen à las Puertas de la Fortaleza, y algunas veces ſe pone uno junto à los Quarteles. Los Almacenes para municiones y pertrechos, deben ſituarſe cerca del Terraplen, y los Repueſtos de polvora en las Golas de los Baluartes, à fin de que en tiempo de Sitio ſe tengan à la mano eſtos efectos.

En las Plazas de Guerra ſituadas à los margenes de la Mar, ò de Rio navegable, conviene que los Arſenales de Marina eſtèn lo mas cerca que ſea poſible del Puerto donde anclen los Baxeles; pero los que ſe deſtinan para el ſervicio de tierra, deben colocarſe àcia la parte de la Campaña. Quan-

Co

B L P

b

P

D

zo unido a A

E

3.

D

F

C

C

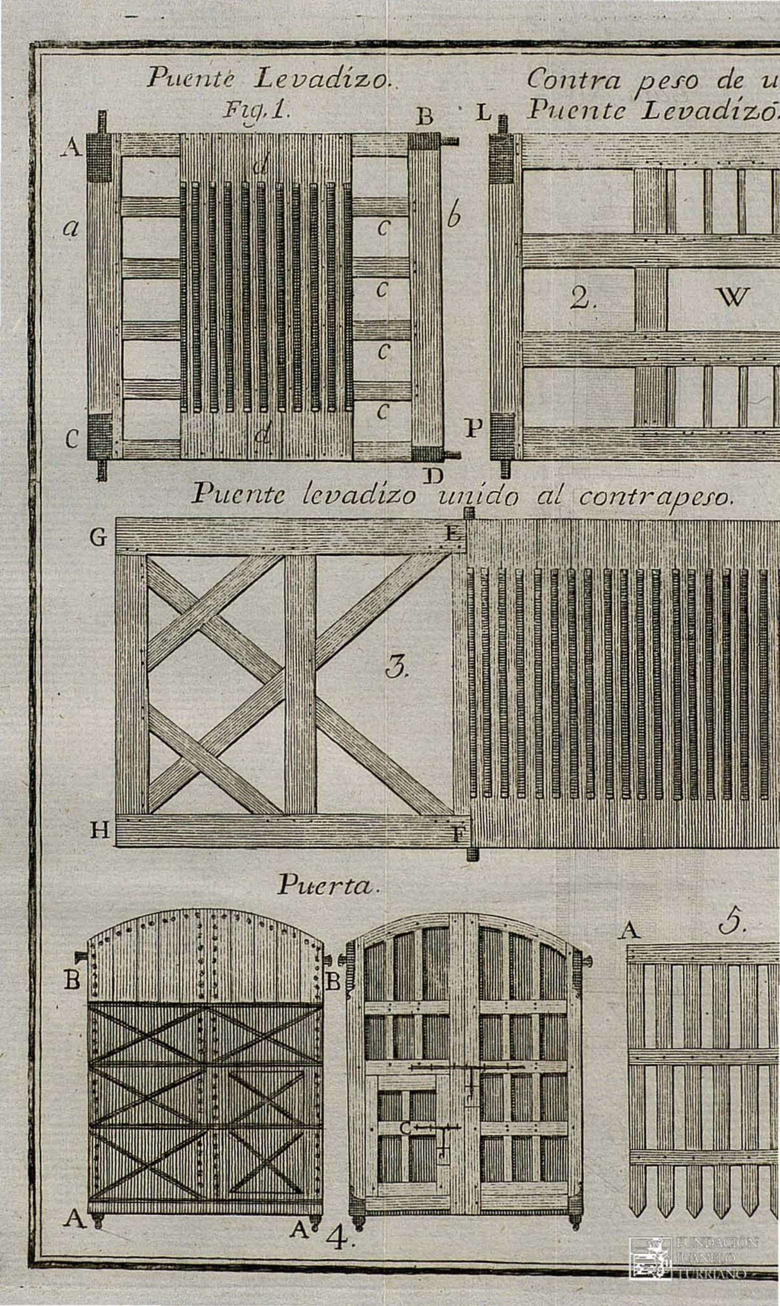
B

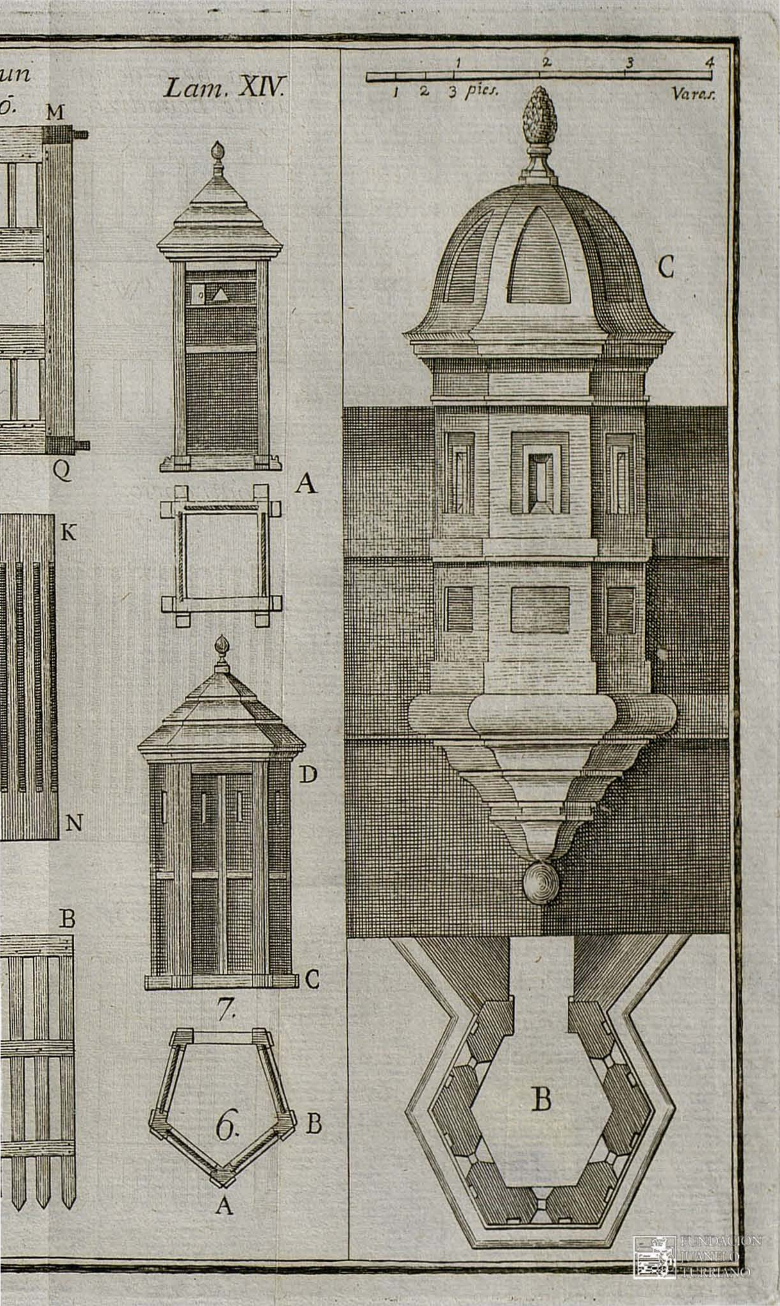
1 2 3 4

1 2 3 pies. Vares.

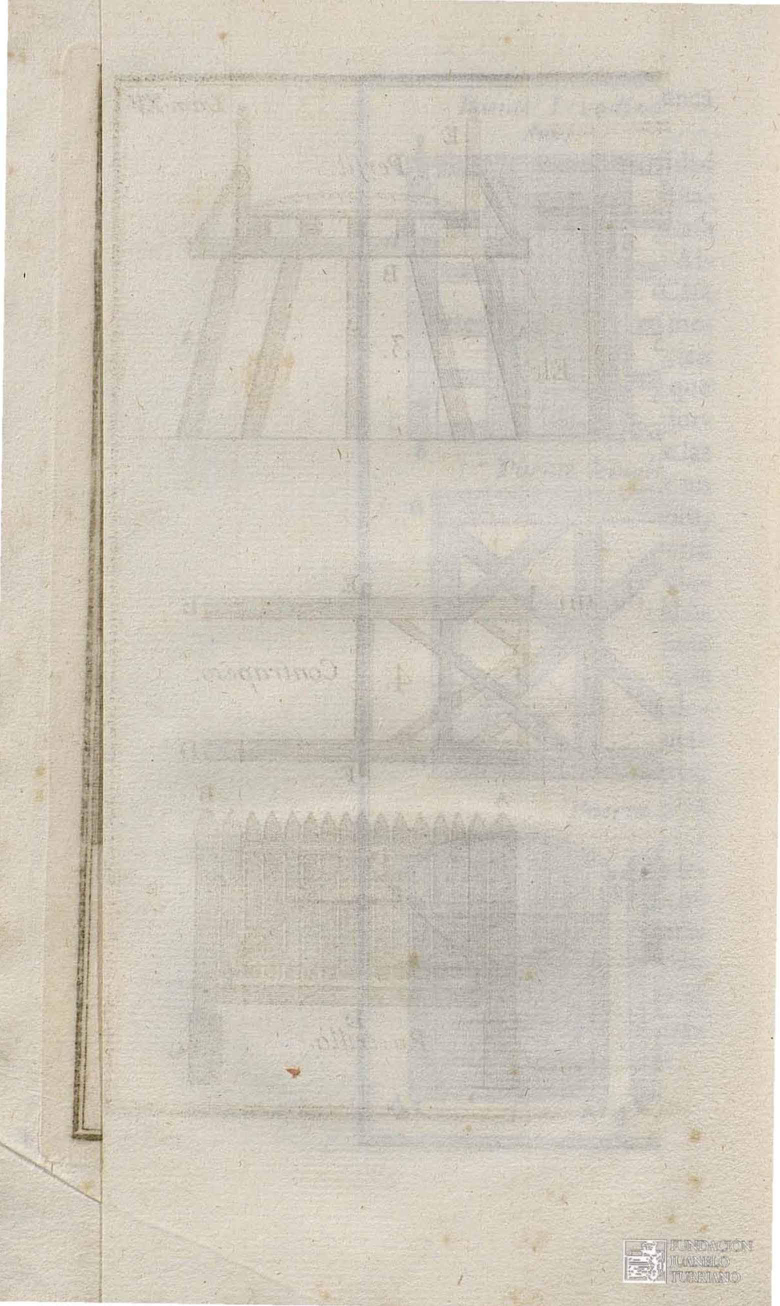
C

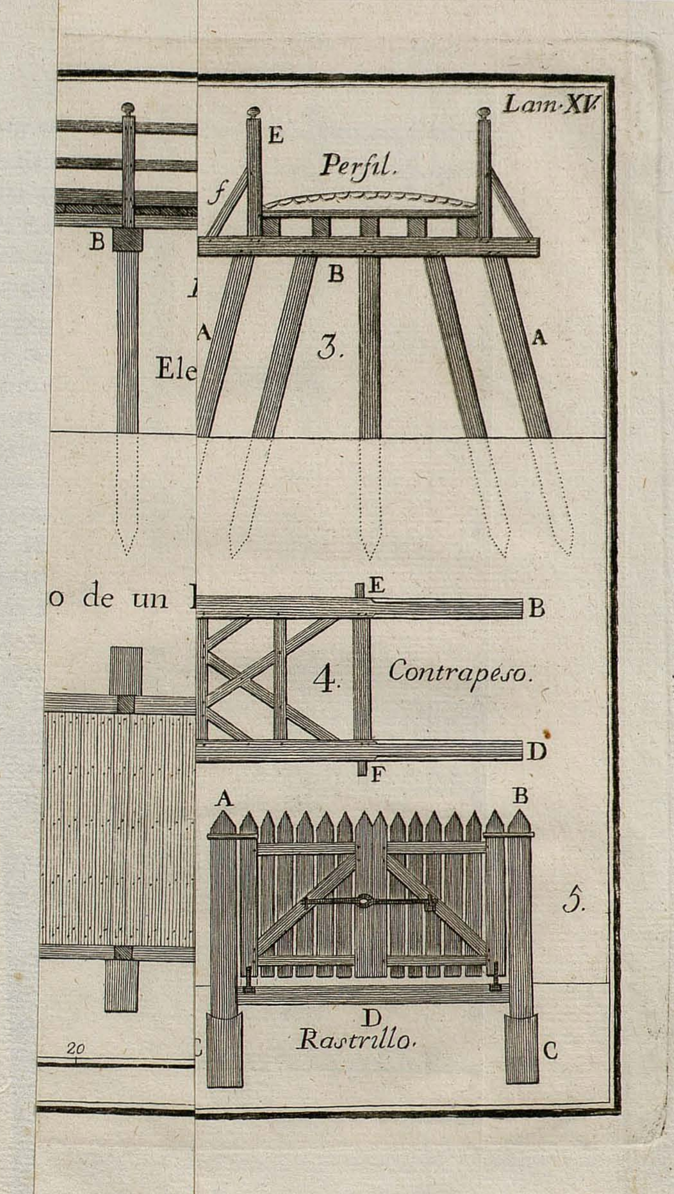
B

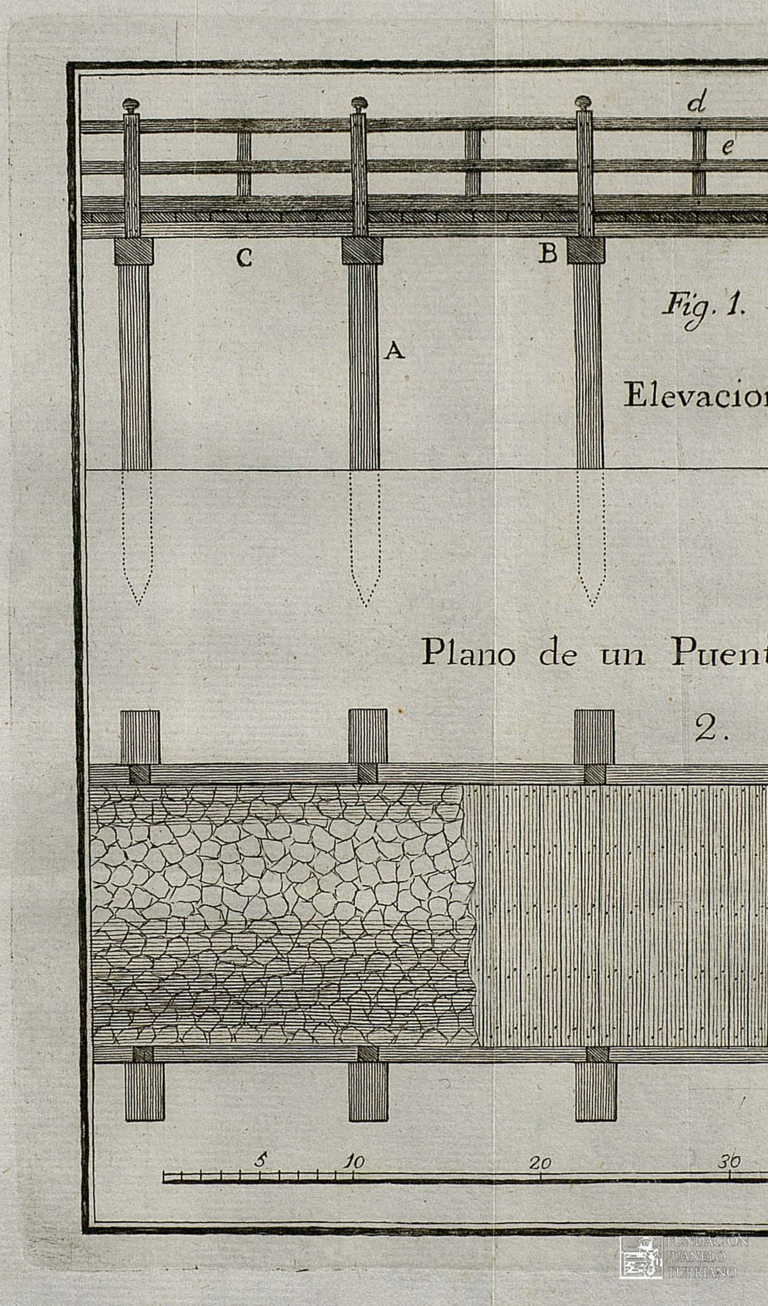

Puente Levadizo.
Fig. 1.
A
B
a
b
c
c
c
c
d
d
C
D
Contra peso de u
L
Puente Levadizo.
2.
W
P
Puente levadizo unido al contrapeso.
G
E
3.
H
F
Puerta.
B
B
A
A
4.
C
A
5.

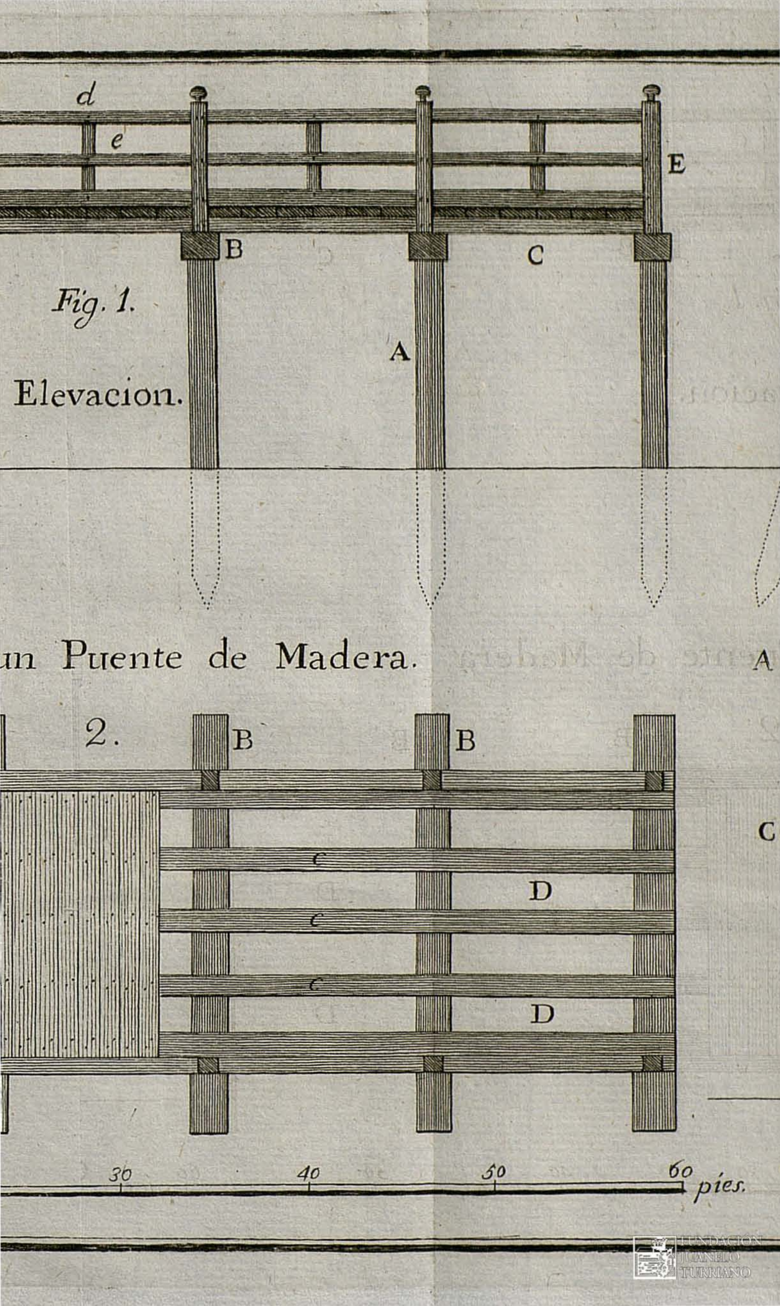


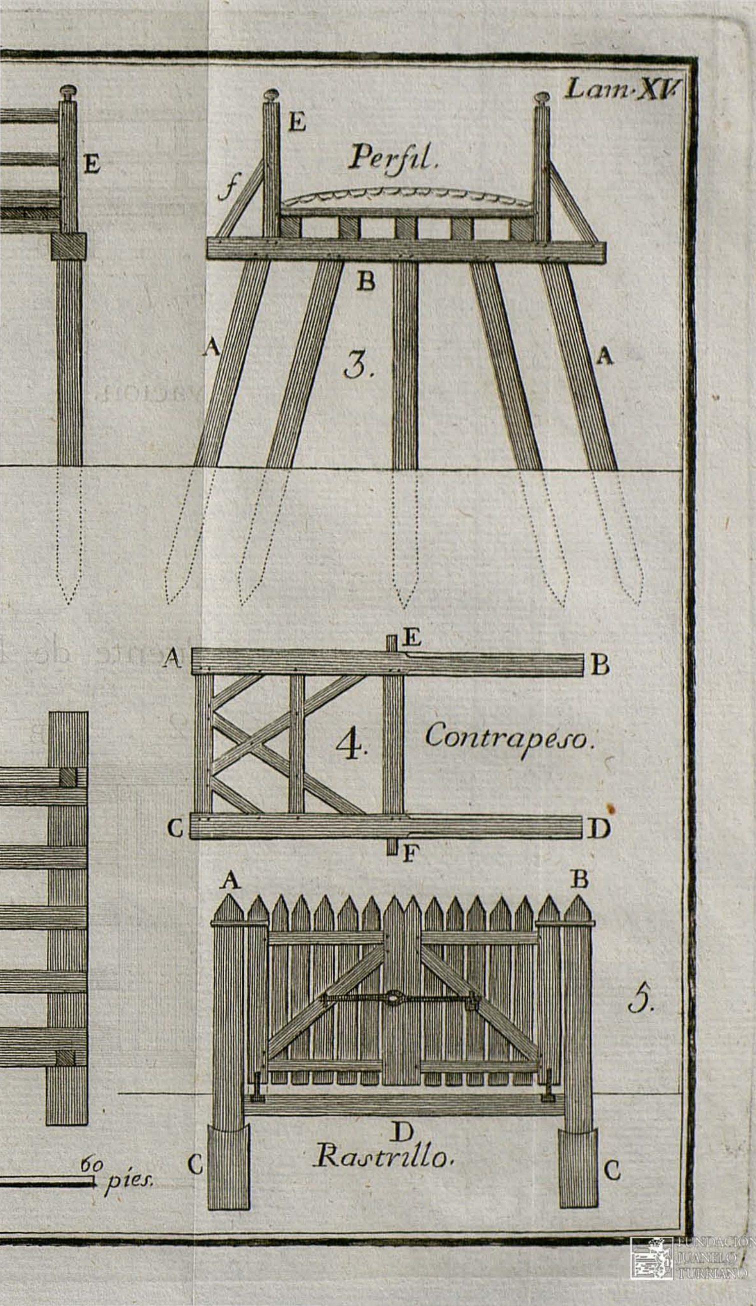
un
ó.
Lam. XIV.
M
Q
K
N
B
A
D
C
7.
6.
B
A
1 2 3 4
1 2 3 pies.
Varas.
C
B

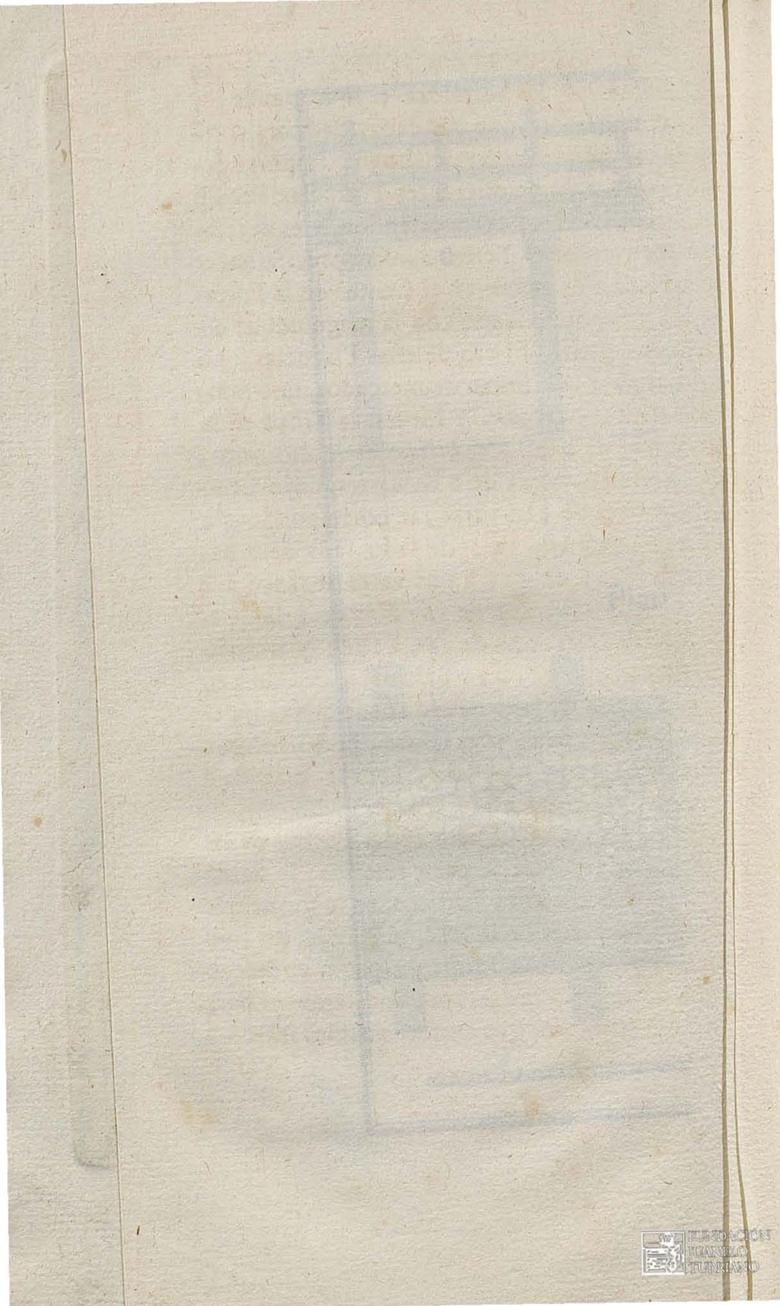



Lam. XV.
Perfil.
E
f
B
B
A
A
3.
Ele
o de un
E
B
4.
Contrapeso.
D
F
A
B
5.
D
Rastrillo.
C
C
20


d
e
C
B
Fig. 1.
A
Elevacion
Plano de un Puent
2.
5
10
20
30


d
e
E
B
C
Fig. 1.
A
Elevacion.
un Puente de Madera.
A
2.
B
B
C
c
D
c
c
D
30
40
50
60
pies.


Lam. XV.
E
E
Perfil.
f
B
A
3.
A
E
A
B
4.
Contrapeso.
C
D
F
A
B
5.
D
Rastrillo.
C
C
60
pies.



Quando la Fortaleza es muy grande, y por consiguiente, que hay capacidad para construìr los Edificios con desahogo, importa dexar al uso pùblico diferentes Plazuelas: Pero si el Recinto ofrece corta extension, y es necesario aprovechar el Terreno, serà preciso hacer una Plaza à lo menos en el Centro de la Fortaleza, proporcionando con la magnitud de esta la de aquella. El uso de estas Plazuelas, no solo es para que sirvan de mercados, sino tambien para congregar, y formar la Tropa en la principal de èllas. *Mr. Belidor* es de dictamen, que à una Fortaleza de 6 Baluartes, cuyo Lado exterior sea de 420 varas, le corresponde una Plaza de 94 à 106 varas de lado: à la de 7 Baluartes, una de 128 à 140 varas de lado: à la de 8 Baluartes, una de 163 à 175: à la de 9, ò 10 Baluartes, una de 186 à 198; y ultimamente, à la de 11, ò 12 Baluarres, una de 210 à 222 varas de lado: Pero añade que el Ingeniero empleado en estas Obras, podrà siempre determinar con mas precision la magnitud que convenga dàr à estas Plazas.

En el paso cubierto de las Puertas de las Fortalezas, y àcia la parte interior, se dexan ordinariamente unos Porticos, en la forma que se ha explicado en la Seccion XIV., no solo para desahogo de la Tropa y espacio en que se junte à defender la entrada; sino tambien para que los pasageros que entren no embarazen à los que salgan.

Por

Por lo que toca à las Calles principales, ſe ha de atender à dirigirlas deſde la Plaza del Centro, àcia las Puertas de la Fortaleza, à los Terraplenes, à la Ciudadela, y Puerto ſi lo hubieſe, para que ſe puedan enfilar con la Artillerìa y Tropas, en caſo de temerſe alguna ſorpreſa. Las Calles de travesìa deben ſer paralelas unas à otras, y perpendiculares à las principales, de forma, que todos los Edificios reſulten ſobre planta rectangular.

La anchura que ordinariamente ſe ſeñala para las Calles principales, es la de 42 pies, à fin que permitan paſo à tres Carruages juntos, y dexen lugar para la Gente de à pie y de à caballo: pero las demàs Calles tienen baſtante con la mitad de eſta anchura ò poco mas, por que rara vez paſaràn por ellas dos Carruages à un miſmo tiempo.

En orden à la diſtancia deſde una Calle à ſu inmediata paralela, la determinan los Autores con mucha variedad: *Mr. Vauban* las apartò ſolamente lo que baſtaban para tres Caſas en el *Nuevo Briſac*; lo qual parece que no es ſuficiente, pues queda poco lugar para conſtruìr Almacenes, Tiendas, y Talleres detràs de las miſmas Caſas de los Arteſanos, cuyas Oficinas ſon abſolutamente neceſarias: Y mucho menos reſultarà capacidad para Patios, ò Jardines que no ſolo ſon convenientes para facilitar buenas luces à los Edificios, ſino tambien para que ſe ven-



ventilen bien, en beneficio de la ſalud de los Habitantes y conſervacion de ſus efectos.

Suponiendo, que cada una de las Caſas tiene 42 pies de frente; que el intervalo entre las Calles paralelas es igual à 4 Caſas, ò bien à 168 pies; y que al miſmo tiempo ſe les dà de fondo otros 42 pies; reſultaràn todas (menos las de los angulos), con la ventaja de quedarles en la parte interior un eſpacio igual à las miſmas Caſas. Eſte eſpacio lo podràn deſtinar para Jardines, Almacenes, ò Tiendas en que trabajar; pues à la parte exterior, ſolo ſe aplican las Tiendas que ſirven para manifeſtar, ò vender los generos ò mercaderìas. *Lam.* 16.

En la diſtribucion de Caſas, y Calles que manifieſta la Lamina 16. ſe figura ſolo una Plaza A en el Centro, cuyo lado es de 175 varas; pero ſi ſe conſideraſe preciſa alguna otra, no hay mas que ſuprimir una manzana de Caſas en el parage mas à propoſito, y quedarà una Plazuela comoda para el mercado de Frutas, y Semillas.

La Igleſia mayor ſe ſupone en la Plaza principal, ſeñalada con la letra C, y enfrente la Caſa B para el Gobernador, ocupando el eſpacio de tres de las pequeñas y dos Jardines; de modo, que tiene 126 pies de frente, con 42 de fondo, y el Jardin 42 de latitud, con 84 de largo; pero ſe le puede dàr mayor extenſion ſiem-

ſiempre que convenga, agregandole alguna Caſa ò Jardin de los contiguos.

En el Centro de la Plaza principal ſe conſtruye una Fuente, ſiempre que hay proporcion para ello, adornandola con ſimplicidad, pero que ſea mageſtuoſa, y poniendola 4 caños, ò ſurtidores que hagan frente à las Calles principales. El agua es una de las coſas mas neceſarias en toda Fortaleza, tanto para la Tropa y Vecindario, como para las Caballerìas y Ganados, y por lo miſmo ninguna diligencia eſtà demàs para entretenerla en abundancia: A eſte fin ſe conduce de los Manantiales ò Rios inmediatos (quando falta en la Poblacion) por medio de Cañerìas, ò Ingenios, que ſe hacen al miſmo tiempo que la Fortaleza. Si eſta es grande, conviene diſtribuir otras Fuentes en toda ſu extenſion, para que todos los Habitantes disfruten del agua comodamente.

Quando ſe hubiere de fortificar un Recinto que incluye alguna Poblacion antigua, ſolo ſe deben enſanchar y alinear las Calles principales, en quanto lo permitan las circunſtancias de los Edificios exîſtentes, demoliendo los que fueren viejos, para reedificarlos ſegun convenga; ò bien ſe eſpera à que arruìnandolos el tiempo, ſe pueda obligar à los Proprietarios para que con menos gravamen, los conſtruyan con rectitud. Eſta es la pràctica comun

que



que ſe ſigue en *Francia*, quando ſe fortifica algun Recinto antiguo, como yo proprio he viſto en *Dovay*, y otras Plazas. Es verdad que eſta Regla es contraria à las Leyes de *Inglaterra*; pero qualquiera providencia, que en general ceda al beneficio comun, debe preferirſe à las que correſpondan al particular.

En las nuevas Plazas que ſe conſtruyen ultramarinas, en las Poblaciones de nuevos eſtablecimientos que tienen ſuficiente extenſion, y donde las Fortalezas ſe edifican ſolo con un Muro y ſu Foſo, deben hacerſe las Isletas de Caſas, y las Calles de travesía, mayores de lo que ſe ha ſeñalado antecedentemente: por que nada contribuye tanto à la ſanidad de los Habitantes, como hacer anchas las Calles, y las Caſas deſahogadas, con grandes Patios que las ventilen, y aun adornados con Arboles, eſpecialmente en los Climas que ſon muy calidos. Fuera de eſto ſerìa conveniente obligar à los Vecinos Arteſanos, para que todos los Talleres en que deban trabajar los hicieſen àcia lo interior de las Caſas, no permitiendoles al frente de ellas mas Tiendas, ni Almacenes que los preciſos pàra el ſurtimiento de los generos que hayan de vender.

Me parece, que en la conſtruccion de *Halifax* en la *Nueva Eſcocia*, ſe ha cometido un grande error, diſponiendo ſus Calles muy cerca unas de otras, y formando las Caſas de 42

pies de frente con 84 de fondo, pero ſin Patio ni deſahogo interior. Eſte defecto no puede tener otro principio, que el de haberſe ſujetado nimiamente en aquella Fabrica al metodo que ſe ſigue en las Plazas de Europa, en donde varìan enteramente las circunſtancias; por que en eſtas Regiones ſe ocupa mucha extenſion con las Obras exteriores de las Fortalezas, ſiguiendoſe la neceſidad de acercar quanto ſe puede unos Edificios à otros, para que tengan lugar, y comodidad la Guarnicion y Vecindario. Pero en las Plazas ultramarinas, donde las Fortificaciones ſon muy ſencillas, ſe debe atender en lo poſible à las conveniencias y deſahogo de los Habitadores.

Se ha dicho, que la poca Gente que ſale à los nuevos Eſtablecimientos, no baſtaba para abrir y deſembarazar una extenſion de Terreno ſuficiente para edificar las Plazas; pero ſe reſponde, que no es neceſario abrir al principio mas Terreno que el preciſo para eſtablecer los Fundamentos del Recinto, dexando lo demàs para otra ocaſion: De eſta ſuerte la madera que ſe comprehenda en el circuìto, ſe puede ir aprovechando en la conſtruccion de las Caſas, deſtinando al miſmo tiempo el ramage para quemar en los Hornos y Habitaciones; y las Gentes, que habian de emplearſe en cortar y conducir de lexos la Leña, no quedaràn expueſtas à ſer inſultadas por los Indios bravos.

Los

Los Almacenes, y Arſenales de Artillerìa, ſon Edificios que requieren mucha extenſion y capacidad, y por lo miſmo no es facil determinar ſus preciſas ſituaciones, las quales ſolo pueden diſcernirſe convinando las circunſtancias de la Fortaleza, y del Terreno. Pero debe obſervarſe en general, que ſu colocacion ſea de ſuerte que eſtèn ſeparados unos de otros y de los demàs Edificios, para evitar en lo poſible todos los accidentes que podrìan ocurrir, ſi por caſualidad, ò malicia ſe prendieſe fuego en alguna Caſa. Quando paſa algun Canal, ò Rio por la Ciudad, importa al bien del ſervicio, diſponer en ſus margenes los Almacenes, à fin de conducir por agua, aſi las municiones y efectos, como los demàs materiales que ſean neceſarios.

Eſtas Oficinas ſe han diſtribuido en la Lamina 16, inmediatas à las Cortinas que no tienen Puerta principal de la Plaza, como ſe manifieſta por la letra D; reſpecto de quedar proporcionadas, para conducir deſde ellas al Terraplen las municiones que ſe neceſiten en la defenſa de un Sitio; y tambien cerca de los Quarteles, para emplear la Tropa en remover y apilar de nuevo todos los efectos, en beneficio de ſu conſervacion, y exercicio de los Soldados.

Los Quarteles ſe conſtruyen ordinariamente junto à los Terraplenes de las Cortinas,

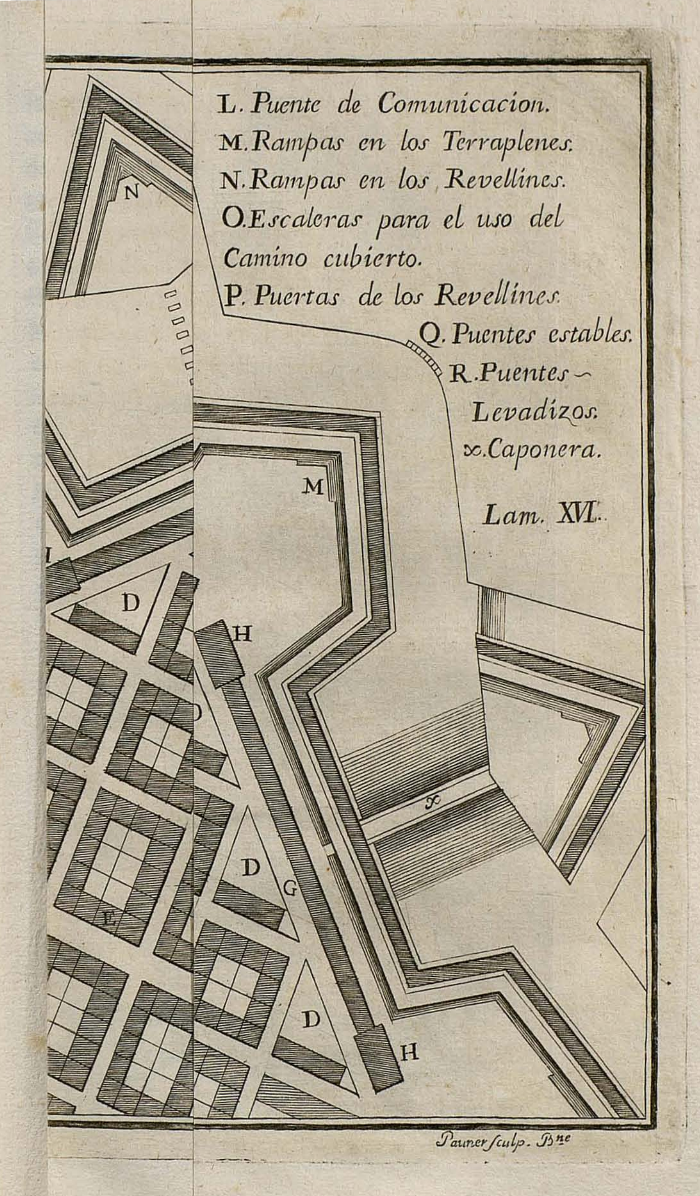
y ſegun demueſtra la letra G, con ſus Pavellones H à los extremos, para Alojamientos de los Oficiales. Eſte es el lugar mas apropoſito para los Quarteles; por que ofrece diſpoſicion para dexar un Eſpacio ò Plazuela à ſu frente, que ſirva para diſciplinar la Tropa en tiempo de Paz; y en el de Guerra ſe pueden juntar y hacer ſalir los Deſtacamentos ſin ſer viſtos, ni ſentidos; lograndoſe al miſmo tiempo, que la Tropa ſe mantenga ſeparada del Paiſanage, con quien no ſiempre ſe aviene.

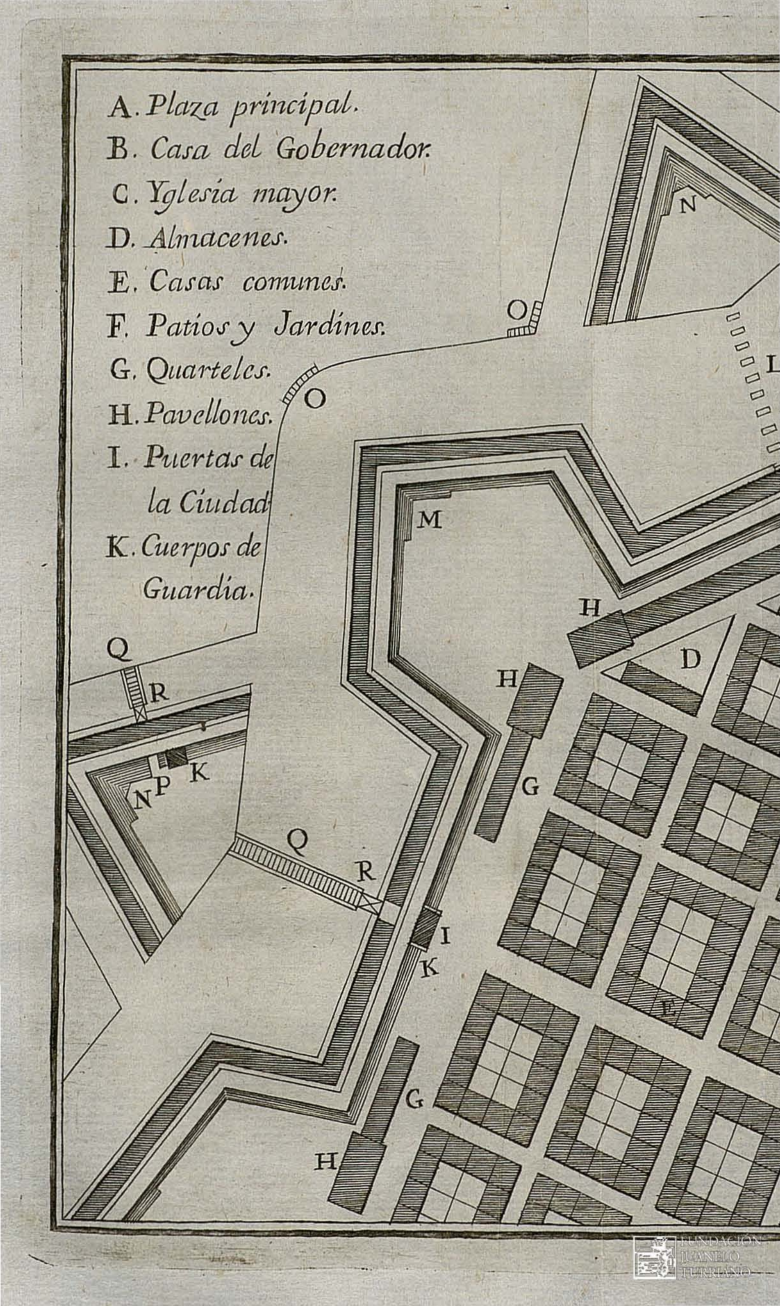
Tambien es neceſario conſtruìr cerca de los Quarteles, los Bodegones, Tabernas, y Panaderìas que deben ſervir, y ſon indiſpenſables para la ſubſiſtencia de la Tropa: y à fin de evitar los deſordenes y alborotos que ſuelen ocurrir en eſtas Oficinas, conviene diſponer un Cuerpo de Guardia inmediato à ellas.

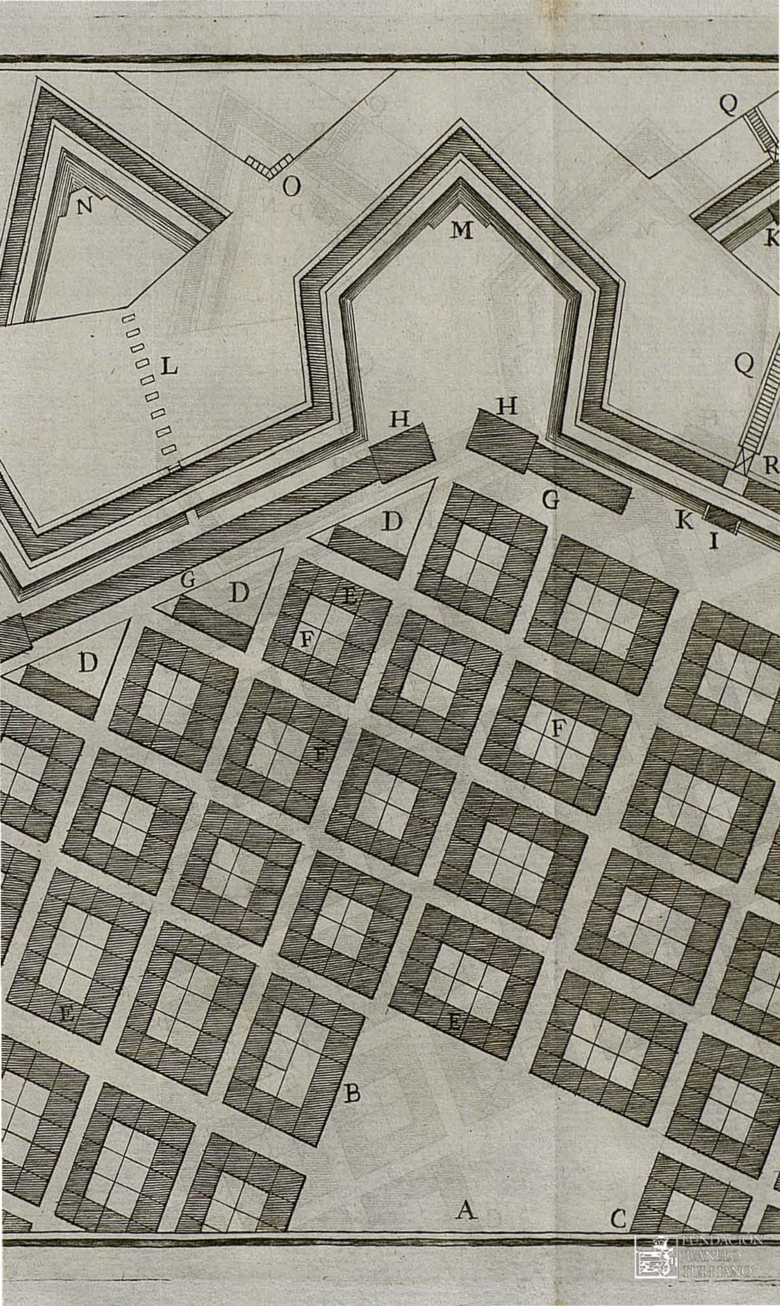
El Hoſpital, todos ſaben que debe ſituarſe en algun parage apartado del Vecindario y del ruido de los Carruages, para el repoſo y ſoſiego de los Enfermos; y que ſiempre ſe ha de preferir el margen de algun Rio, ò Canal que paſe por la Ciudad, para que con la abundancia de ſus aguas ſe facilite el aſeo, y limpieza que neceſita eſte Edificio.

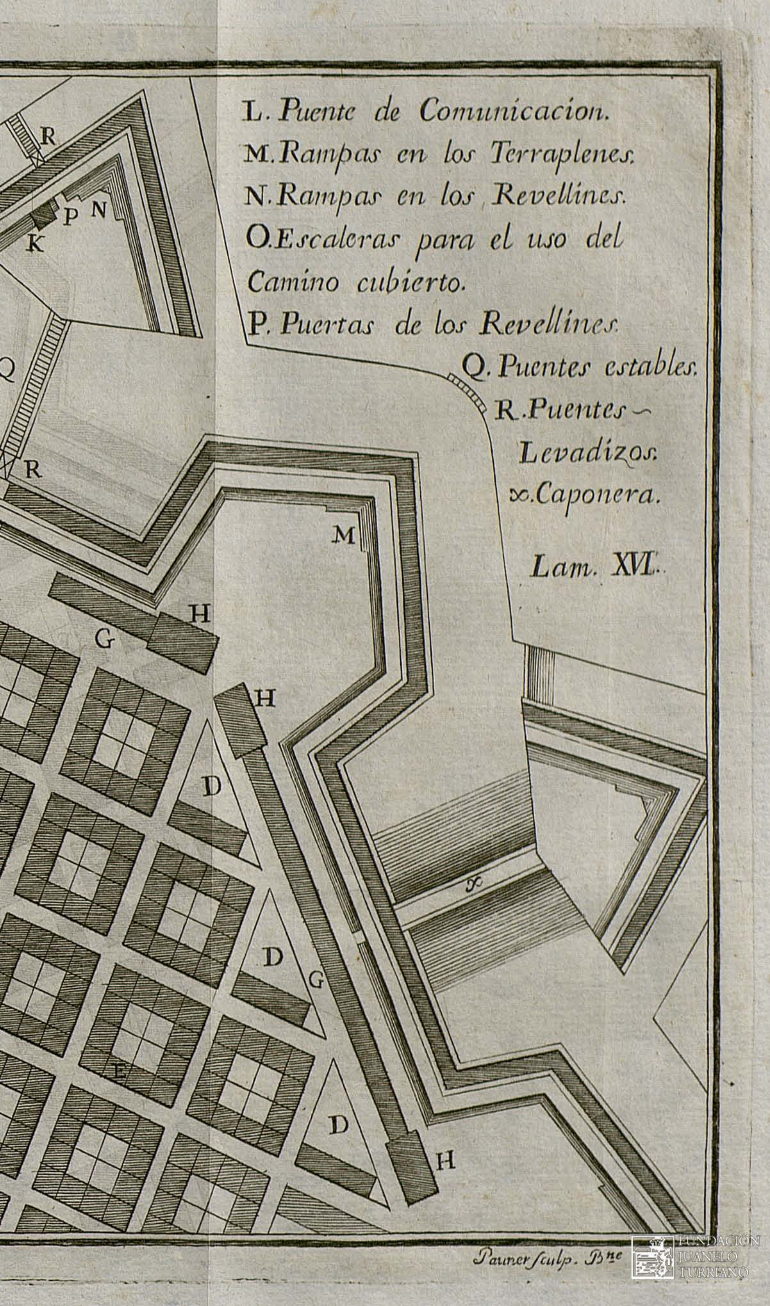
Con eſto queda explicada por mayor la diſtribucion de las Calles, y Edificios principales que comprehende una Plaza conſiderable: pero en las muy pequeñas, no ſon nece-

ſa-


L. Puente de Comunicacion.
M. Rampas en los Terraplenes.
N. Rampas en los Revellines.
O. Escaleras para el uso del Camino cubierto.
P. Puertas de los Revellines.
Q. Puentes estables.
R. Puentes Levadizos.
x. Caponera.
Lam. XVI.
N
M
D
H
D
G
E
D
H
x
Pauner sculp. Bne


A. Plaza principal.
B. Casa del Gobernador.
C. Yglesia mayor.
D. Almacenes.
E. Casas comunes.
F. Patios y Jardines.
G. Quarteles.
H. Pavellones.
I. Puertas de la Ciudad
K. Cuerpos de Guardia.
N
O
O
L
M
H
H
D
Q
R
P
K
N
G
Q
R
I
K
E
G
H


Q
O
N
M
K
L
Q
H
H
R
G
D
K
I
G
D
E
F
D
F
F
E
E
B
A
C


L. Puente de Comunicacion.
M. Rampas en los Terraplenes.
N. Rampas en los Revellines.
O. Escaleras para el uso del Camino cubierto.
P. Puertas de los Revellines.
Q. Puentes estables.
R. Puentes Levadizos.
x. Caponera.
Lam. XVI.
R
P
N
K
Q
R
M
H
G
H
D
D
G
E
D
H
x
Pauner sculp. Bne

ſarios tantos Almacenes, los quales ſiempre ſe colocan cerca del Terraplen. En las Fortalezas donde haya Rada, ò Ciudadela, es neceſario tenerlas preſente para ſituar los Arſenales: Y ſiendo facil diſcernir el parage mas ventajoſo, con una mediana capacidad y experiencia, ſerìa ſuperfluo detenerſe en mayor explicacion. Mas no es lo miſmo en orden à la particular conſtruccion, y repartimiento interior de eſtos y otros Edificios Militares; pues ſe requiere en el que los ha de dirigir, mucho conocimiento y pràctica, para que reſulten utiles, y con la debida ſolidez. A eſte fin ſe tratarà de cada uno de ellos en particular, para manifeſtar las circunſtancias que ſe deben tener preſentes al tiempo de ſu Proyecto, y Fabrica.

Otras diferentes coſas ſe han omitido por ſer baſtante obvias, de las quales pueden verſe algunas en la miſma Lamina 16, que ſirve para iluſtrar quanto ſe ha dicho; y las demàs ſon tan faciles de argüir, que no hay neceſidad de hacer mas difuſa explicacion.

SECCION XIX.
De los Almacenes de Polvora.

LOs Almacenes de Polvora ſe conſtruyen por los Modernos de un modo muy diferente del que ſiguieron los Antiguos. Eſtos en-

encerraban la Polvora en las Torres que añadian à los Muros del Recinto, dexandola expuesta à varios accidentes perjudiciales para la conservacion de la Plaza; pues si la casualidad, ò la malicia de los Hombres, hallaba la desgraciada coyuntura de prender fuego à la Polvora, facilitaba su prodigioso efecto la abertura de la Brecha, por donde el Enemigo se introducia en la Ciudad: como sucediò en *Aire*, segun *Mr. Belidor*, quando esta Plaza era de la España. Los Franceses que la Sitiaron, hallaron modo (con acuerdo de algunos Habitantes) para inflamar la Polvora, que estaba almacenada en uno de los Baluartes; y el efecto que produxo fuè tan grande, que luego que los Sitiadores se dispusieron para dàr el asalto, se viò precisada la Guarnicion à rendirse: En lugar que si no hubiera ocurrido este accidente, se habria prolongado la defensa por mucho mas tiempo.

Habiendo mostrado la experiencia, que los Almacenes que se fabricaban en el Terraplen ocasionaban lastimosas conseqüencias, se colocan al presente en diferentes parages de la Plaza, dandoles varias formas y figuras: pero antes que los Autores conviniesen en la que es mas ventajosa, se pasaron muchos años, haciendolos cada uno segun su idea. La mas comun era cubrirlos con varios Cañones de boveda apoyados en el medio sobre Pilares: pero

ro como estas Bovedas se cargaban extraordinariamente de mamposterìa, para disponer las vertientes del Texado, se convìno en hacerlos de un solo Cañon de boveda, cuya especie era la Gotica; y à fin de tener mas capacidad para apilar Barriles de polvora, se hacìa un piso de madera al arranque de la misma Boveda.

Pero habiendo observado *Mr. Vauban* en diferentes Sitios, que este genero de Bovedas era muy debil, y que el mencionado piso sobrecargaba mucho à los Pilares sin ventaja alguna (pues la prudencia dicta, que no se acopie toda la Polvora en un mismo parage; siendo mas acertado distribuirla en varios Almacenes), despreciò enteramente los metodos seguidos hasta aquel tiempo, y propuso otro mucho mas perfecto; el qual es como se representa por las Figuras 1, y 2, y ès el unico que hasta ahora se ha executado con mas felicidad, aunque podrìa mejorarse alguna cosa, segun se verà despues. *Lam.* 17. *Fig.* 1.2.

Si se ha de dar credito à lo que se dice de un Almacen de esta especie, construìdo en *Landaw*, se asegura, que resistiò al impulso de mas de 80 Bombas que le cayeron encima, sin ocasionarle la menor ruìna en la Boveda. Lo mismo parece que sucediò en *Ath*, y en otras diversas Plazas. *Mr. Demus* Director de Fortificaciones, y Persona de buena reputacion, asegu-

gura, que en el Sitio de *Tournay* mandado por el Duque de *Malborough*, baxo cuyas ordenes servìa, se arrojaron en la Ciudadela pasadas de 45000 Bombas, y la mayor parte de ellas cayeron sobre dos Almaces construìdos segun el metodo de *Mr. Vauban*, sin que recibiesen el menor daño: mientras que algunos de la especie Gotica, que habia en la misma Plaza, se arruinaron con 3, ò 4 Bombas que les cayeron encima, sin embargo de haber tomado anticipadamente la precaucion de cubrirlos con 5, ò 6 pies de tierra.

Las dimensiones que señala *Mr. Vauban* para los Almacenes de polvora, son como se sigue. El Plano tiene 70 pies de longitud, y 28 de latitud por la parte interior: Los Cimientos de los Muros laterales que sostienen la Boveda, son de 11 à 12 pies de espesor; y los Muros de 10 à 11, segun la calidad de los Materiales. La altura de los mismos Muros desde el Cimiento hasta el arranque de la Boveda, es de 9 pies; de forma, que haciendo el entarimado de 2 pies de altura, para preservar la Polvora contra la humedad, quedan 7 pies para la altura interior de los Muros.

El espesor de la Boveda es de 3 pies en los riñones, y se forma de 3 roscas de Ladrillo entero la una sobre la otra; y tangentes à la superficie exterior, se disponen las dos vertientes del Texado, cuyas direcciones se deter-



terminan, dando 9 pies de espesor desde la Clave hasta el Caballete, que de esta forma resultarà algo mayor que 90.°

A los Muros que cierran el Almacen por los Testeros, se les dà 5 pies de espesor, y 6 à sus Cimientos, cuya profundidad, como tambien la de los demàs Muros, se proporciona con la naturaleza del Terreno.

Por la parte exterior de los Muros laterales, se aplican quatro Estribos de cada lado, dandoles 7 pies de grueso, 5 de largo, y 13 de intervalo. Entre estos Estribos se dexan respiraderos, para que el Almacen se ventile y conserve enjuta la Polvora: Los dados que se ponen en el medio de los respiraderos deben tener 3 pies de lado, y el espacio vaciò que los circuye, es ordinariamente de 3 pulgadas de latitud. El fin de cortar con estos dados la comunicacion directa de los respiraderos, ès para dificultar la introduccion de fuego en el Almacen; y para impedirlo mejor, conviene guarnecer los mismos respiraderos con diferentes rejillas espesas de alambre, ò con chapas de hierro ù cobre agujeradas en forma de Rallos. Esta precaucion es muy importante, para embarazar que los Enemigos introduzcan algun fuego atado à la cola de un Gato, Perro, ù otro Animal, que obligasen à entrar en el Almacen por los mismos respiraderos; lo qual no serìa muy dificil, visto que en al-

gunos Almacenes, se han hallado cascaras de huevo, introducidas sin duda por alguna Rata, Comadreja, ù otra Sabandija capaz de pasar por los respiraderos.

Para evitar la humedad en los Almacenes, se cubre el suelo con un entarimado de madera, dispuesto de esta forma: Sobre unos pequeños Pilares de mamposterìa, se asientan cinco Durmientes por toda la longitud del piso, à quienes se dà un pie de alto y 10 pulgadas de grueso, llenando al mismo tiempo sus intervalos con Carbòn, Arena gruesa, ò Cascajo: Encima de los Durmientes se ponen los Traveseros, que son unos Quartones de 6 pulgadas de alto con 4 de ancho, y se cubre con Tablas de 2 pulgadas de grueso, al tope unas con otras, para formar el pavimento del Almacen.

En uno de los Testeros se hace una Ventana lo mas alto que sea posible, para dàr luz al Almacen y evitar todo accidente por la parte exterior; y en el Testero opuesto se dexa una Puerta de proporcionada capacidad para el uso del Almacen. Asi la Ventana, como la Puerta, se deben cerrar con dobles Portones de fuertes Tablas, guarnecidas con chapas de hierro, y aseguradas con sus Cerrojos y Llaves, de las quales tiene el Gobernador la que corresponda à la Puerta interior, y el Guarda-Almacen la de la Puerta exterior. Algunas veces se circuyen los Almacenes con un Muro cons-

construìdo à 14 pies de distancia, para impedir que nadie se acerque à los Muros principales.

Aqui en Inglaterra no se toman tantas precauciones para construìr los Almacenes, pues nunca he visto que se cierren con dobles Puertas de madera, y aun ordinariamente se hacen tan ligeros y sencillos, que no ofrecen resistencia alguna.

Un Almacen arreglado à las dimensiones que se han señalado antecedentemente, es capaz de contener 200000 libras de polvora, dispuesta en seis ordenes de Barriles, en la forma que manifiesta el Plano y Perfil: pero esta *Fig. 1.2.* pràctica solo se observa en un caso de urgente necesidad; pues quando se acopian muchos Barriles en cada fila, es muy embarazoso removerlos para alterar su positura; lo qual debe hacerse una vez à lo menos en cada año, para evitar que precipitandose el Salitre, como ingrediente mas pesado de los que componen la polvora, no se inutilice esta en donde le falte aquel. Para que los Barriles no rueden unos sobre otros, quando se saquen algunos, se contienen de 10 en 10 con dos pies derechos de madera, dandoles 5 pulgadas de grueso: De esta suerte se podràn apilar, y remover quando convenga sin embarazo, ni dificultad.

Mr. Belidor, propone que en lugar de los Durmientes que reciben el entarimado, se

pueden hacer unas Azitaras ò pequeños Muros, para recibir los Quartones y Traveſeros, aforrando ò cubriendo eſtos al proprio tiempo con doble Tablazon: pero no me parece tan util eſte metodo, como el que ſe ha explicado anteriormente. No obſtante, el Lector podrà preferir el que mejor le parezca, con arreglo à las circunſtancias del Terreno.

En lugar de dàr 10 pies de eſpeſor à los Muros laterales, como ſeñala *Mr. Vauban*, ſe pueden hacer ſolo de 8, cambiando la poſicion de los Eſtribos, eſto es, haciendolos de 5 pies de grueſo y 7 de largo; lo qual darà al Muro mayor robuſtez, como ſe deduce del Calculo, y lo prueba una larga experiencia que ſe ha tenido en varios Almacenes conſtruìdos de eſta forma.

Tambien ſe ha de notar, que es mucho mejor hacer la Boveda de una ſola roſca de 3 pies de grueſo, trabando bien los Ladrillos, que no formarla de 3 caſcos diferentes; por que de eſte modo reſultarà una Obra de mayor robuſtez, y reſiſtencia, como es facil de inferir por lo que ſe ha explicado en la Seccion II. de la Parte I.

En la Theorìa de los Arcos, no ſe ha conſiderado el ludimento, ſino el peſo ſolo de la Piedra ò mampoſterìa: en lugar que en la de los Muros que ſoſtienen tierras, ſe reba-

xò

xò un tercio de la preſion * por eſte reſpeto, ſin que por ello reſulten los Muros menos robuſtos que los de *Mr. Vauban*: Y aunque acaſo pueda parecer contradictorio el no haber hecho la miſma rebaxa en el empujo de las Bovedas, y Arcos; con todo, ſi ſe atiende à que ni el Ladrillo, ni la Piedra ſe unen de forma que conſtituyan un ſolo Muro continuado (como lo ſupone la Theorìa), y que al contrario, dexando huecos y ſenocidades, que de ordinario ſe macizan con mala mezcla, reſulta un compueſto de deſigual conſiſtencia; ſe verà que es preciſo mucho tiempo, para que los Muros adquieran la debida tenacidad y fortaleza: Ademàs, que ſiendo indiſpenſable atender en eſte genero de Edificios al esfuerzo de las Bombas, que puedan caer ſobre ellos, no deben debilitarſe ſus Muros; y por una, y otra razon importa no hacer diſminucion en la Potencia que los impele ò empuja.

Para lograr la buena conſtruccion que requieren los Almacenes de Polvora, es forzoſo zelar continuamente el trabajo que hagan lòs Obreros, à fin de que los Muros tengan la debida union y trabazon que conſtituye la buena ſolidez; cuydando que la Piedra, ò Ladrillo ſe aſiente de modo qne no reſulten huecos, ni ſenocidades, que macizandolas con mezcla ſola, impidan la neceſaria robuſtez del

* Part. I. Secc. I. Prob. I Corol. I.

del Edificio, empleando al mismo tiempo los mejores Materiales que se encuentren. Por ultimo, es provechoso dexar puestas las Cimbrias sobre que se construyan las Bovedas por espacio de seis meses à lo menos, para que la Obra tenga lugar de enxugarse y endurecerse sin sufrir empujo; pues de otro modo serìa preciso hacer los Muros mas robustos, para que la Boveda no se hundiese quitandole pronto las Cimbrias (26).

Fig. 3, y 4. En las Figuras 3, y 4, se representa el Plano, y Perfil de un Almacen para encerrar gran cantidad de polvora: La longitud interior es de 84 pies, y su anchura de 35: Los Muros laterales tienen 12 pies de grueso, y 28 de alto, desde el Cimiento hasta el

---

(26) La experiencia diaria manifiesta, que les Bovedas, y Arcos que se dexan enxugar sobre las Cimbrias, se rompen por los Riñones, luego que se les quitan. La razon es clara: Por que sosteniendo los Cerchones la parte intermedia de las mismas Bovedas ò Arcos, les impide que hagan su asiento con igualdad, al proprio tiempo que se endurece la mezcla: de donde resulta, que quitando las Cimbrias, necesariamente se ha de baxar la Obra que mantenìan; y por consiguiente se estallaràn, ò abriràn las Bovedas, ò Arcos por sus Riñones, donde son mas debiles. Para evitar esta imperfeccion, conviene quitar las Cimbrias, ò afloxarlas à lo menos, luego que se cierre el Arco, ò Boveda, à fin de dàr lugar à la Obra para que se asiente con libertad al mismo tiempo que se enxugue.

el arranque del Cañon de boveda. Los Pilares intermedios ſirven para ſuſtentar con Arcos el ſegundo pavimento, y tienen 2 pies de grueſo, con 9 de alto. El eſpeſor de la grande Boveda es de 4 pies: pero los Contrafuertes, Muros de los Teſteros, Puerta, Ventanas, y Reſpiraderos, tienen las proprias dimenſiones que en el Diſeño antecedente.

Los grandes Almacenes de Polvora no ſe deben conſtruìr dentro de las Plazas con ningun motivo; por que ſi por alguna deſgracia ſe volaſen, ſe verìa la Guarnicion en la indiſpenſable neceſidad de rendirſe. Pero en lo interior del Reyno, donde no es facil que penetre el Enemigo, pueden ſer muy utiles, como Almacenes generales que ſirvan para diſtribuir la polvora à los Particulares de las Fortalezas donde ſea preciſa; y aun ſiempre ſerà mucho mejor fabricar dos Almacenes medianos, y à competente diſtancia uno de otro, à fin que ſe reſervaſe el uno, quando por algun accidente ſe volaſe el otro.

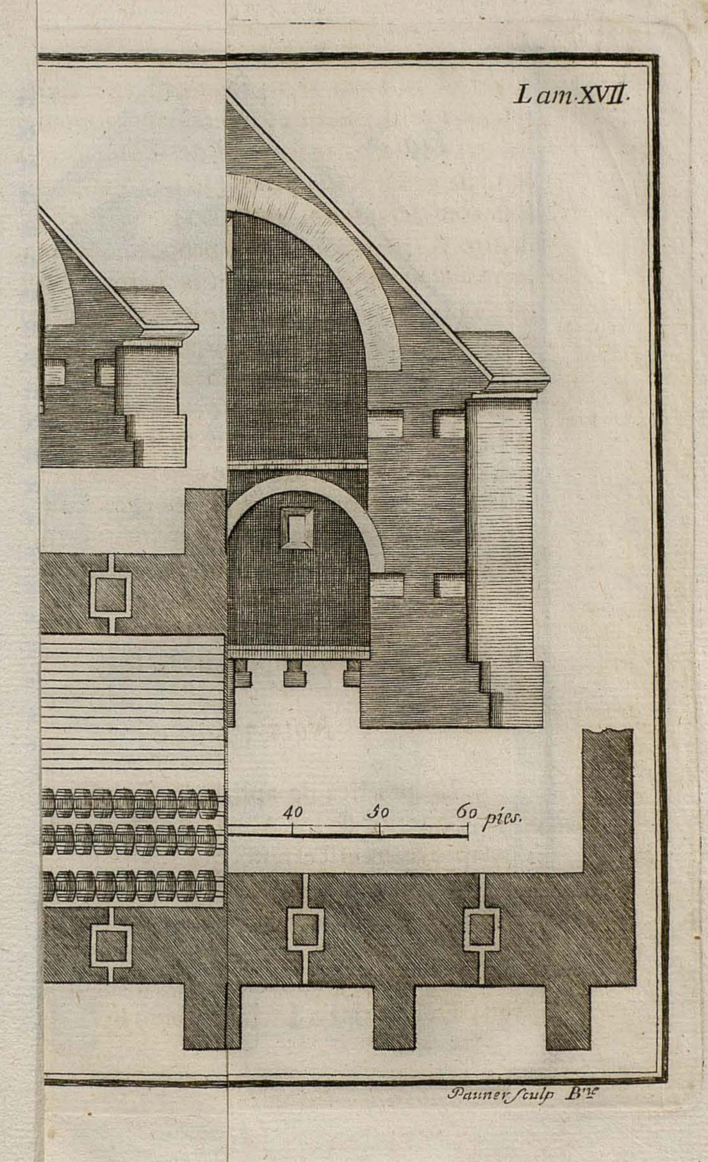
El angulo del Caballete que forman las vertientes del Texado, conviene que ſea recto, para que reſiſta mejor al impulſo de las Bombas, y facilite el deſagüe de las lluvias. Tambien es neceſario advertir, que à proporcion de la elevacion del Muro y profundidad del Cimiento, importa aumentar la baſe de eſte: pues aunque ſe hace aſi comunmente, no ſe ha eſ-

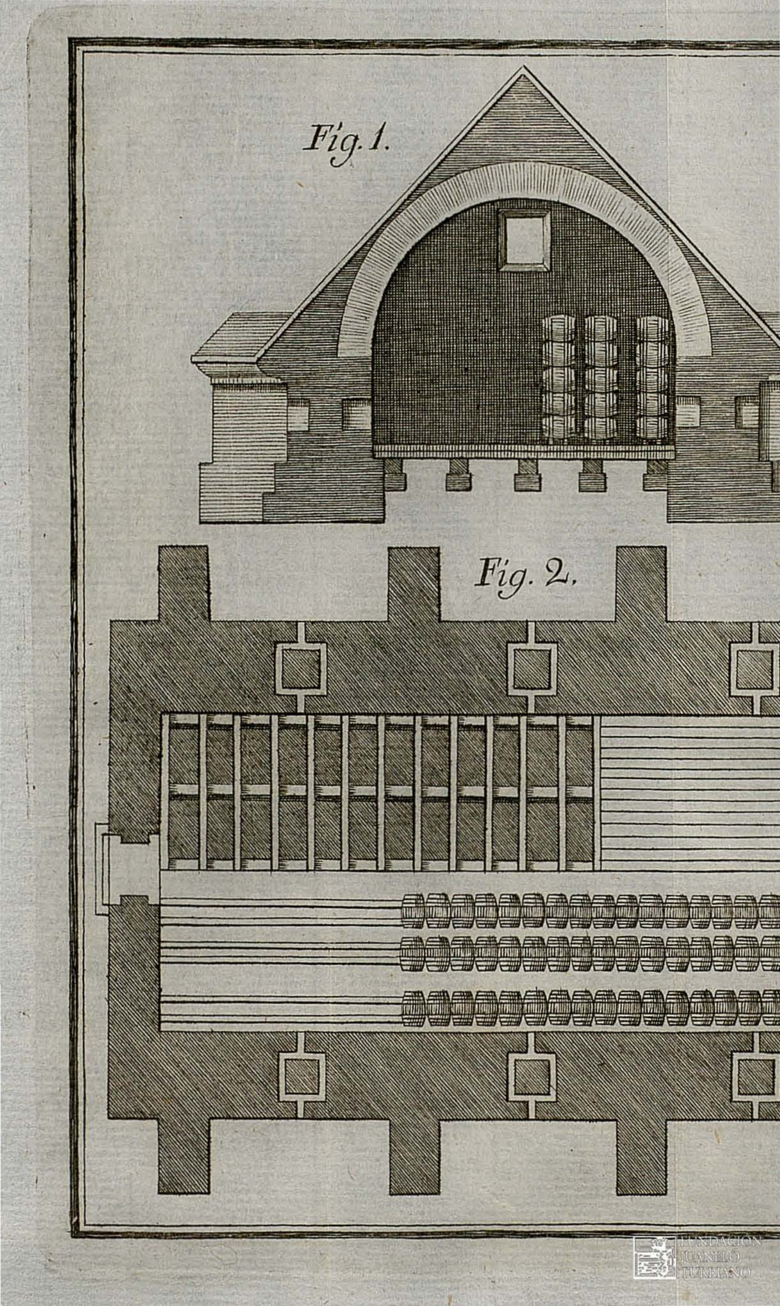
establecido hasta ahora alguna Regla cierta à que sujetar la pràctica: No obstante suponiendo que por la parte interior del Edificio resalte 6 pulgadas el Cimiento (lo qual es bastante, si se considera que el Muro no puede caer àcia dentro), parece que serà proporcionado aumento el de 6 pulgadas en la parte exterior, por cada 18 que tenga de profundidad el mismo Cimiento; de forma, que si este hubiese de tener 6 pies de profundidad, serìa preciso aumentarle 2 pies de espesor, distribuìdos en quatro bermas, ò escalones de 6 pulgadas de ancho, y 18 de alto. Aunque esta Regla no està fundada en demonstracion geometrica, con todo, la misma experiencia la acredita por suficientemente exâcta y util para aplicarla en todos los casos que ocurran; y por este medio serà facil determinar el grueso que corresponda à un Cimiento, cuya profundidad se dà conocida.

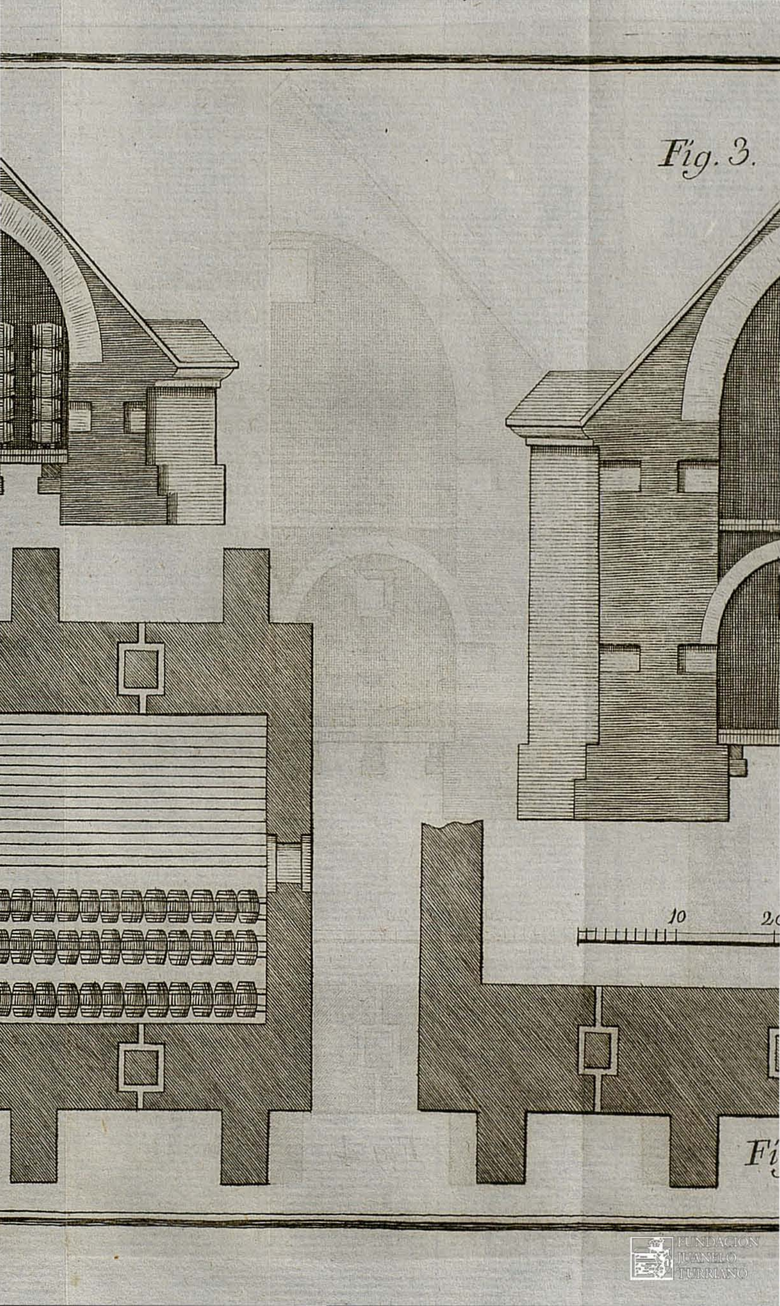
Nota 27.

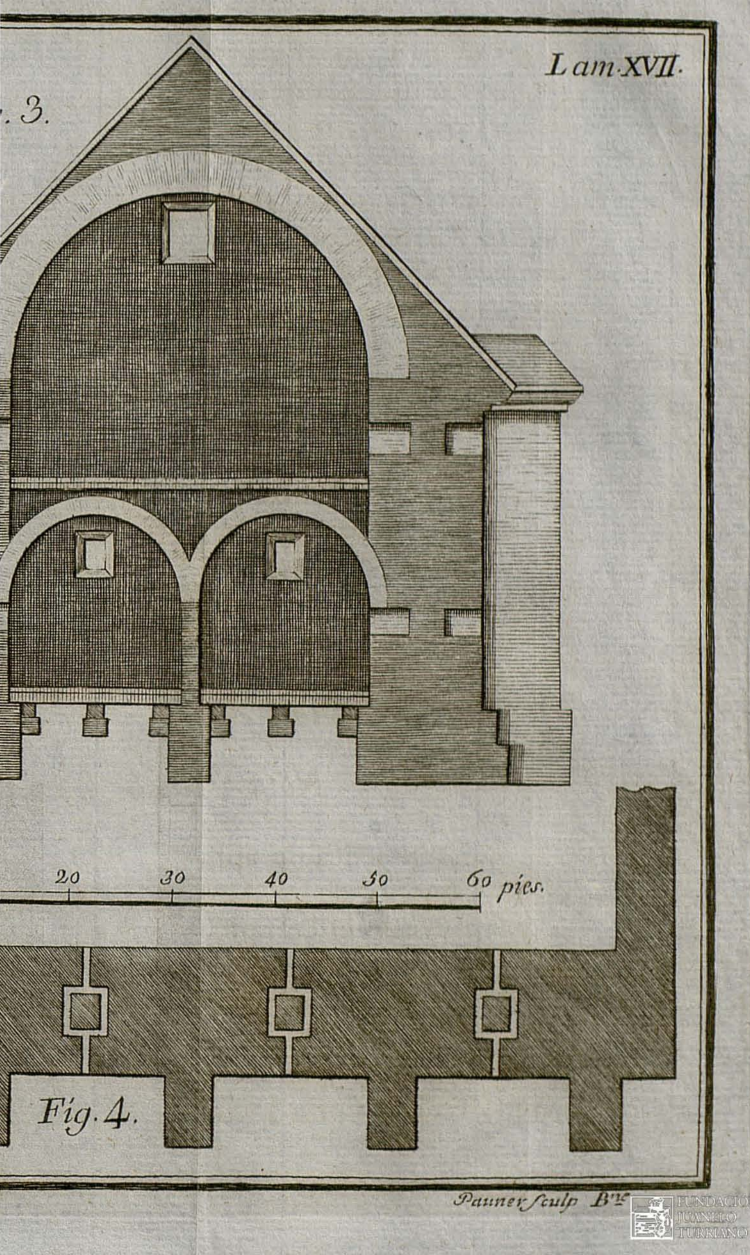
,, La pràctica de aplicar los Estribos à la
,, parte exterior de los Almacenes de Polvora,
,, desaprovecha el Terreno, que se comprehen-
,, de entre ellos, y por lo mismo es muy util
,, hacerlos de la parte interior de los Muros,
,, cubriendo con Arcos ò Lunetos los espacios
,, que incluyen, y apoyando el Cañon de bo-
,, veda en su propria anchura sobre los Lune-

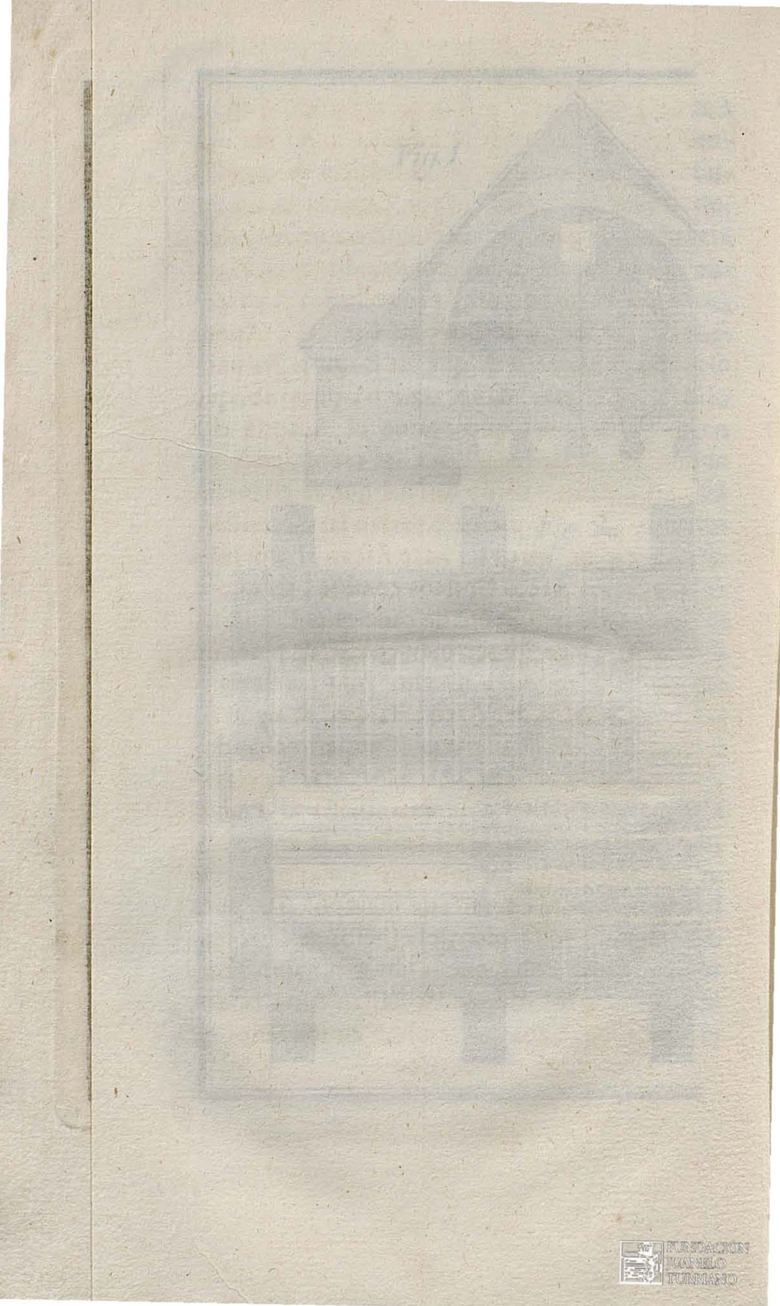
,, tos,


Lam·XVII·
40
50
60 pies.
Pauner sculp Bna


Fig. 1.
Fig. 2.


Fig. 3.
10
20
Fi


Lam. XVII.
. 3.
20
30
40
50
60 pies.
Fig. 4.
Pauner sculp. B.ª



„ tos y Eſtribos, como ſe repreſenta en el Plano, y Perfiles de la Lamina 2. A: De manera, que en la miſma extenſion ſe logra la ventaja de darles mayor capacidad, ſin aumento de gaſto, ni diſminucion de robuſtez. En eſta forma ſe han conſtruìdo en la Plaza de San Fernando muy provechoſos Almacenes, cubiertos de Bovedas Goticas ò Apuntadas, ſin rezelo de que las Bombas les puedan ocaſionar daño alguno; pues aunque las objecciones que opone el Autor à eſte genero de Bovedas, no las recomiende en ciertos caſos, como ſon los que ſe citan; ſin embargo, en el preſente varìan las circunſtancias que en otros las hace flacas. La debilidad de los Arcos Goticos conſiſte, en que el demaſiado pendiente de cada mitad, impide que la clave quede bien entallada, ſiendo neceſario cargarla mucho para ſugetarla y evitar la ruìna del Arco; la qual ſe ſiguirìa, ſiempre que una fuerte preſion, eſtrechandole en los Riñones, hicieſe ſaltar la clave. Pero en el Diſeño que manifieſta el Plano, y Perfiles de la citada Lamina, ſe reconoce con facilidad, no ſolo que la clave eſtà ſuficientemente cubierta de mampoſterìa, pues ademàs de los 3 pies del eſpeſor de la roſca, tiene otros 6 pies que la abrigan; ſino tambien que los Riñones ſe hallan fortalecidos con los macizos que reſultan en los ſenos de

Lamina 2. A

„ los Lunetos: de forma, que exâminando la
„ diſposicion y Fabrica de eſtos Almacenes,
„ ſe hallarà, que es caſi impoſible que ſe ar-
„ ruìnen, ni aun cedan, con la mayor preſion
„ que la induſtria humana les imponga.

SECCION XX.

De los Quarteles, Hoſpitales, y Arſenales.

EN todas las Plazas fortificadas, conviene que haya Quarteles en que ſe recoja la Tropa, para conſervar la diſciplina, y buen orden que importa en las Guarniciones. Eſtos Quarteles ſe han hallado tan utiles, que ſin ellos, ninguna Plaza ſe edifica en eſtos tiempos; pues la miſma experiencia ha manifeſtado, que las Guarniciones que los tienen, logran mayor quietud y repoſo que las demàs, reſpecto que diariamente, y ſin particular encargo de Oficiales comiſionados, ſe vè la Tropa congregada, y recogida en un lugar determinado: lo qual no ſe puede conſeguir, quando eſtà diſtribuìda, y alojada en las Caſas de los Moradores del Pueblo, donde tiene la libertad de ſalír ſiempre que quiera. Ademàs, ſi el Gobernador intenta deſtacar una partida, no puede hacerlo ſin el conocimienro de todos los Habitadores: Si ocurre alguna novedad, no es facil juntar la Tropa ſin grande

con-

confuſion, y pèrdida de tiempo; en lugar que con los Quarteles, ſe evitan eſtos y otros inconvenientes, proporcionando al miſmo tiempo las mejores ventajas para la regularidad del ſervicio.

La diſpoſicion y conſtruccion de los Quarteles, depende de la ſituacion que ſe les dè. Quando hay ſuficiente extenſion para hacerlos con un grande Patio en el medio, ſon muy convenientes, y deben executarſe aſi; por que la Tropa ſe puede recoger con facilidad à ſus reſpectivas Eſtancias, que por eſtar unidas conducen tambien para la pronta execucion de qualquiera orden reſervada, y al miſmo tiempo ſe logra que los Soldados no tengan freqüente comunicacion con los Payſanos, lo qual evita en gran parte las pendencias, y alborotos que de ordinario ocurren entre unos y otros.

Eſta claſe de Quarteles es muy importante para alojar la Tropa, y con eſpecialidad la de Caballerìa y Dragones, que neceſita diariamente aſear y manejar los Caballos: En eſte caſo ſe ocupa con las Caballerizas caſi todo el ſuelo inferior del Quartel, y ſobre ellas ſe eſtablece en otro piſo el Alojamiento para la Tropa, con un Corredor hecho de Pilares y Arcos, para la comunicacion de las Eſtancias, con ſus eſcaleras en los angulos, y en donde ſean convenientes para la comodidad y uſo

de la Tropa. Pero ſi el Quartel hubiere de tener dos ò tres piſos, ademàs del inferior, es meneſter proporcionar de tal modo la elevacion de cada uno, que no reſulten obſcuros con los techos de los Corredores.

Si los Quarteles ſe hubieren de conſtruìr inmediatos al Terraplen de las Cortinas, como *Mr. Vauban* lo ha practicado en caſi todas las Plazas que fortificò, ſe componen de una ſerìe de Eſtancias ò Quadras en linea recta para la Tropa, con ſus Pavellones à los extremos para los Oficiales: Eſtos Quarteles ordinariamente tienen dos ò tres piſos, ademàs del inferior.

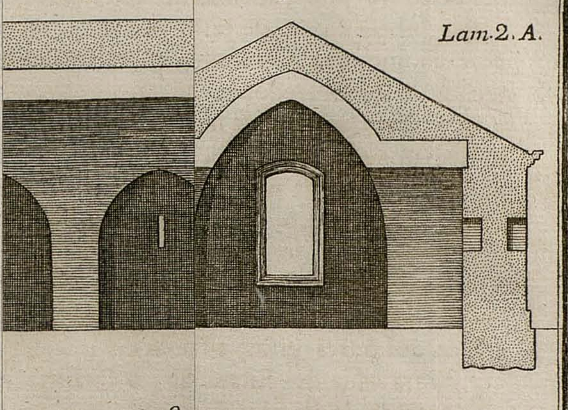
Para cada dos Eſtancias, ò Quadras hay una entrada de 10 pies de ancho, con una eſcalera que conduce à los piſos ſuperiores. La magnitud de eſtas Quadras la determina *Mr. Vauban* de 26 pies de largo, y 21 de ancho para acomodar quatro camas en cada una; pero algunas veces ſe han hecho baſtante capaces para ſeis camas, con dos Chimeneas. En las Guarniciones de *Francia*, ſe regulan ſiempre tres Hombres por cama, pero ſolo la ocupan dos, pues el otro ſe conſidera que ordinariamente eſtà empleado.

Las Eſtancias de los Quarteles que hay conſtruìdos aqui en *Woolwich*, ſolo tienen 19 pies de cada lado, con tres camas para ſeis Soldados; cuyo numero es muy corto: por que ſegun eſta diſpoſicion, es neceſario que el Quar-



tado por la tado por la linea. 3 4.

Lam. 2. A.



3

2. Varas de Castilla.

10 15 20

4

rfil de un Almacen de

n los Estribos acia la

ior, segun se han

en la Plaza de Sn

de Figueras.

Pauner sculp. Bne



Perfil cortado por la linea. 12.

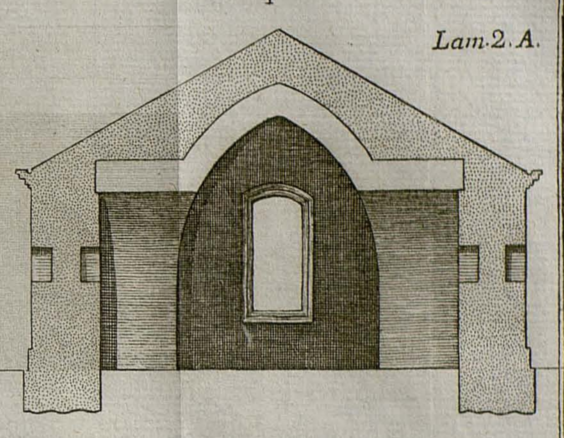
3

1

4

Perfil cortado por la linea. 3 4.

Lam. 2. A.



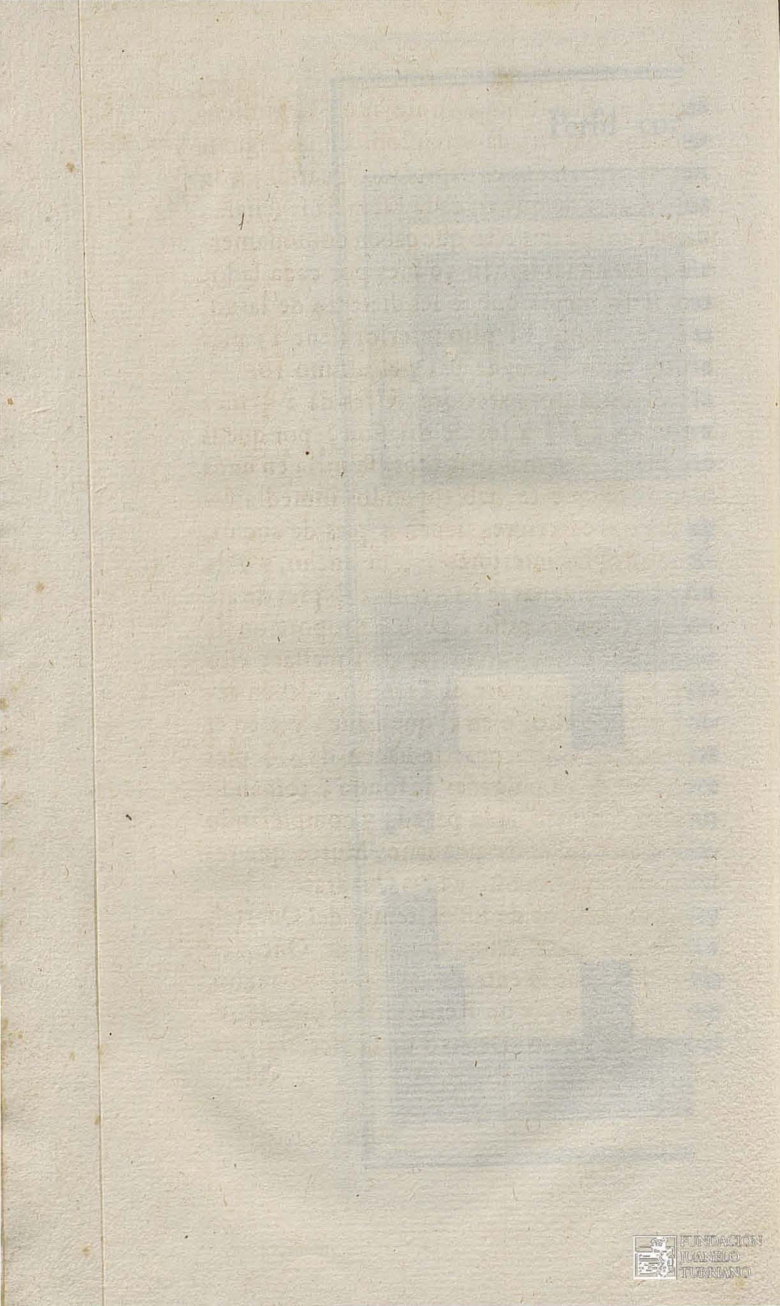
Escala de 2. Varas de Castilla.

1 2 3 4 5 10 15 20

2

Plano, y Perfil de un Almacen de Poluora con los Estribos acia la parte interior, segun se han Construido en la Plaza de Sⁿ Fernando de Figueras.

Pauner sculp.


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

Quartel en que ſe haya de alojar un Regimiento, ocupe demaſiada extenſion. En las Figuras 1, 2, ſe repreſenta el expreſado Quartel, con la diferencia de que en cada Eſtancia ſe ſeñalan quatro camas, reſpecto que caben comodamente. Las Eſtancias tienen 19 pies por cada lado; pero ſeria mejor que ſe les dieſe 24 de largo, y 21 de ancho. El piſo inferior tiene 13 pies de alto, el que le ſigue 12, y el ultimo 10. *Lam. 18. Fig. 1, y 2.*

A los Muros exteriores ſe les dà 2 $\frac{1}{2}$ pies de grueſo, y 1 $\frac{1}{2}$ à los de diviſion, por que ſi eſtos ſe hicieſen mas delgados, ſe oiria en unos Quartos lo que ſe hablaſe en los inmediatos. Las Puertas exteriores tienen 4 pies de ancho, y 8 de alto; las interiores 3 $\frac{1}{2}$ de ancho, y 7 de alto: Las Ventanas ſe hacen de 3 $\frac{1}{2}$ pies de ancho en todos los piſos, pero à proporcion de la altura de eſtos, varian las de aquellas; eſto es, en el que eſtà ſobre el Terreno, deben tener 7 pies de alto, 6 en el que ſigue, y 5 en el ultimo. Las Chimeneas ſe hacen de 4 $\frac{1}{2}$ pies de ancho, y 18 pulgadas de fondo, tomando parte en el grueſo de la pared, y completando lo demàs con unos pequeños Muros que reſaltan en el pavimento de las Quadras.

Los Quartos de los extremos del Quartel, ſe deſtinan para Alojamientos de Oficiales: Cada uno tiene ſu entrada de 7 pies de ancho, con ſu eſcalera, y un Retrete de 6 pies de ancho, y 7 de fondo: Debaxo de la eſcalera y habi-

bitacion de cada Alojamiento, ſe conſidera la correſpondiente Cocina, y Deſpenſa. Eſtas Oficinas, no ſon neceſarias en las Quadras que ocupa la Tropa, como las tienen los Quarteles de *Woolwich*; pues los Soldados ordinariamente ſazonan fuera ſu alimento.

En la Figura 3. ſe manifieſta el Perfil del proprio Quartel, y en èl ſe advertirà, que la eſcalera no tiene mas que un tramo de un piſo à otro: pero ſi eſta diſpoſicion no fuere conveniente, ſerà facil hacerla con dos tramos, y ſu meſeta, ò deſcanſo à la mitad de la altura. El Texado ſe compone de dos Armaduras, y quatro vertientes, no ſolo por que eſta es la prâctica mas comun de *Inglaterra*, ſino tambien, por que ſi ſe cubrieſe el Edificio con una ſola Armadura, reſultarìa eſta muy elevada, y ſerìan muy coſtoſas las maderas, pues neceſariamente ſe habian de emplear de mucha mayor longitud, y robuſtez.

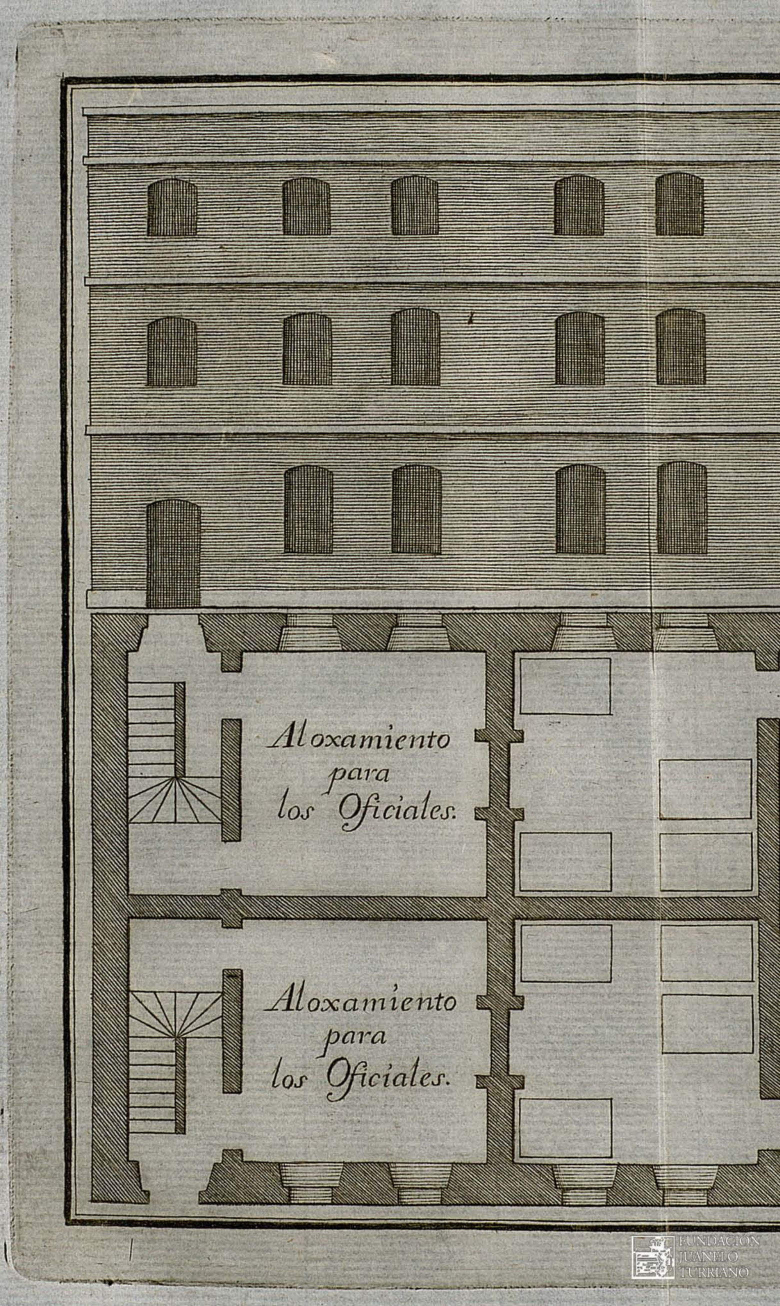
Algunas veces ſe conſtruyen Porticos delante de los Quarteles, como ſe ha practicado en los de *Dublin*, los quales ſon muy provechoſos para formar la Tropa à cubierto en tiempo de lluvia, y no diferir con eſte motivo las Reviſtas de Ropa y Armas (28).

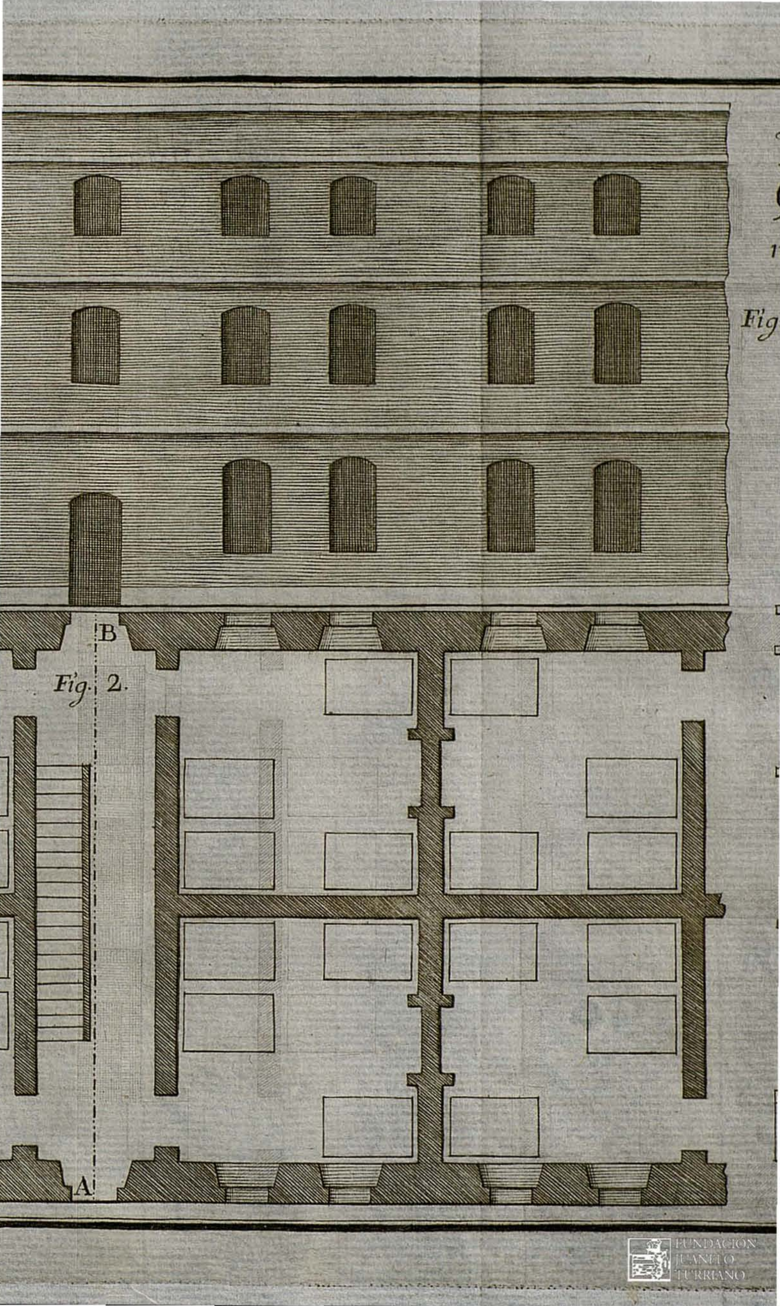
ADI-

ADICION.

Sobre la construccion de los Quarteles.

(28) AUnque *Mr. Muller*, siguiendo à *Belidor*, hace preferibles los Quarteles
„ de Infanterìa y Caballerìa, que se construyen
„ con un Patio grande en su medio, no trae
„ Planos ni Perfiles que los representen, con-
„ tentandose con los que solo pueden servir
„ para las Fortalezas pequeñas, y tales como
„ les tenemos en la Ciudadela de esta Capital,
„ y en otras partes del Reyno. Esta disposicion
„ de Quarteles para la Infanterìa, prevaleciò
„ en España algun tiempo como la mas ade-
„ quada para todas las Plazas de Guerra; pero
„ en el dia es dificil que se siga: por que siendo
„ aparentes las ventajas que ofrece para la
„ Tropa, son ciertos los inconvenientes que
„ nacen de ella para lograr el mejor Servicio
„ del Rey. Los principales defectos consisten:
„ 1. es necesario emplear la quarta parte
„ de todo el Edificio para las escaleras so-
„ lamente: 2. la multitud de Puertas para
„ el uso de la Tropa, precisamente ha de
„ impedir zelar su debido recogimiento: 3.
„ para alojar una Compañia, regulando à
„ cama por Hombre, segun el Real Decre-
„ to de 4 de Octubre de 1766, son menes-
„ ter


Aloxamiento
para
los Oficiales.
Aloxamiento
para
los Oficiales.

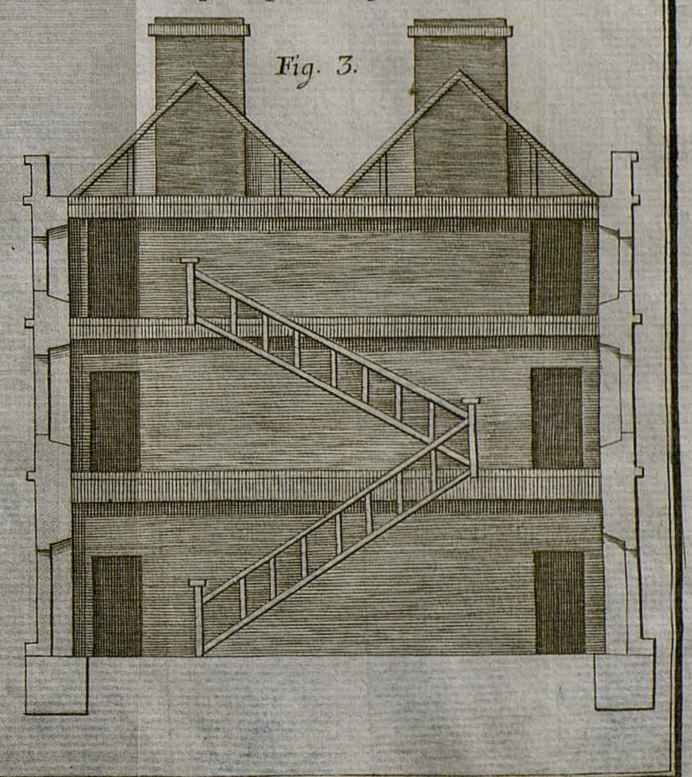

B
Fig. 2.
A
Fig

Lam. XVIII.

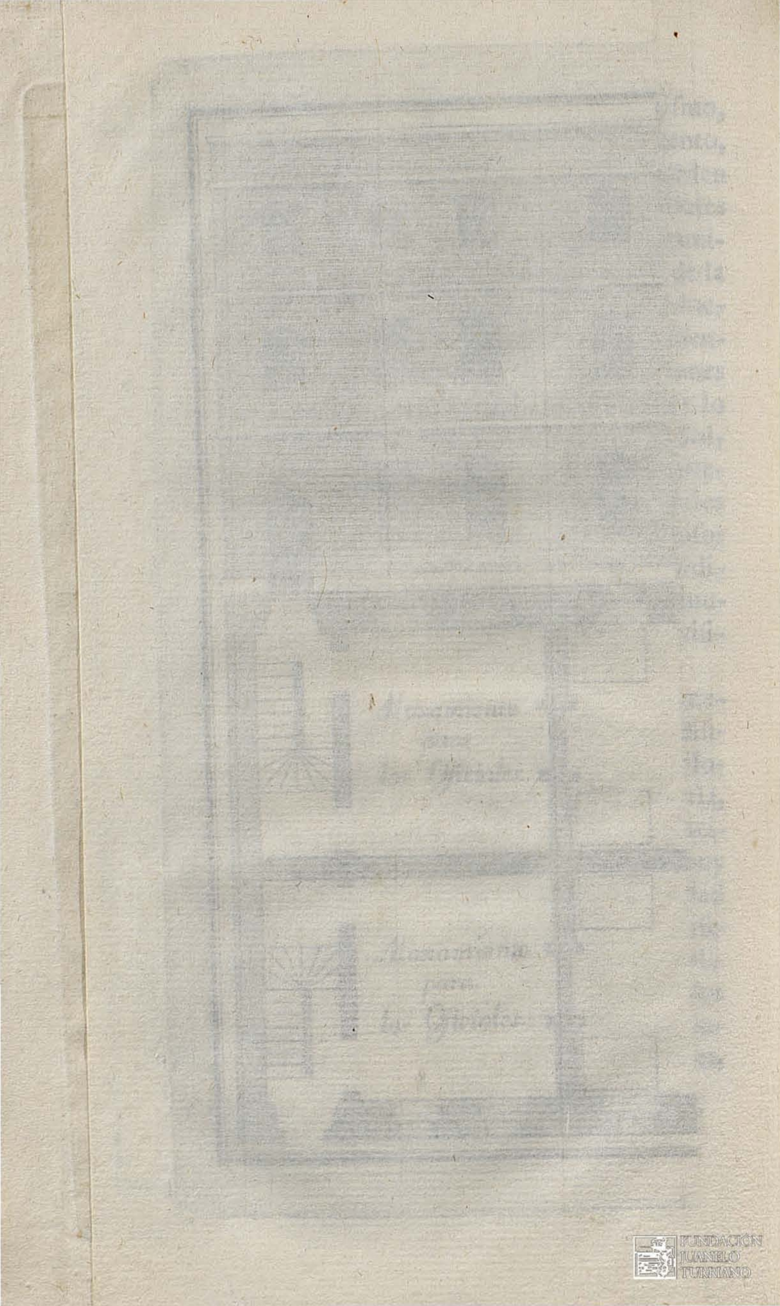
Plano Elevacion y Perfil de un Quartel segun se construyen ordinariamente en Inglaterra.

Fig. 1.

Perfil que pasa por AB.


Fig. 3.

Pauner Sculp. B.ne



„ hallaràn en la buena diſtribucion, y propor-
„ cionadas dimenſiones de eſtos Edificios Mili-
„ tares, las mejores Reglas que pueden ſeguir
„ en ſemejantes caſos, y que les alumbraràn
„ en otros, donde ſea forzoſo apartarſe de
„ ellas, para variar con diſcrecion lo que mas
„ convenga, aumentando, diſminuyendo, ò
„ alterando la figura, con arreglo à la natura-
„ leza del Terreno en que ſe hayan de execu-
„ tar, y al numero y calidad de Tropa que
„ deban contener.

„ En las Laminas 3, 4, 5. A, ſe manifieſ- *Laminas* 3, 4, y 5. A.
„ tan los Planos baxo y alto, con el Perfil y
„ Elevacion de uno de los Quarteles de Infan-
„ terìa, conſtruìdos en Barceloneta para un Ba-
„ tallòn y ſus reſpectivos Oficiales, ſegun
„ el pie antiguo de tres Hombres por cama;
„ pero que no cabe mas de medio, con arre-
„ glo al nuevo eſtablecimiento que S. M. ha
„ mandado obſervar, por el Real Decreto ya
„ citado, para el mas comodo Alojamiento de *Lamina* 3. A.
„ ſus Tropas. La longitud de eſte Edificio
„ conſta de 105 varas, y ſu latitud de 64 por
„ la parte exterior. El Patio es de 75 $\frac{2}{3}$ varas
„ de largo, y 34 $\frac{2}{3}$ de ancho; de ſuerte, que
„ deſde el Muro exterior, haſta el interior
„ incluſive, tiene eſte Quartel por todo ſu
„ circuìto 14 $\frac{2}{3}$ varas; y quitando 2 $\frac{1}{2}$ pies
„ por cada uno de los mencionados Mu-
„ ros, reſultan de 13 varas de ancho las Qua-

,, dras de uno y otro lado, como tambien las ,, Piezas, y Porticos que ocupan en el Patio ,, los Testeros. En estos ya manifiesta el Plano ,, baxo las Oficinas que contienen, y solo es ,, necesario decir, que los Muros de divi- ,, sion, igualmente que los demàs, tienen ,, 2 $\frac{1}{2}$ pies de espesor. Los Corredores, ò ,, Porticos E, de una y otra parte, son de 2 $\frac{2}{3}$,, varas de latitud en limpio: su destino es ,, para la comunicacion à cubierto de toda la ,, Tropa, como asimismo para desahogo de ,, la entrada A, y de las Oficinas adyacentes, ,, con el uso de las Cocinas Y, y del comun R: ,, Este se ha cubierto con una Boveda en figu- ,, ra de Piramide truncada, que fenece en un ,, Cañon quadrado descubierto, como una ,, grande Chimenea; cuya disposicion es muy ,, ventajosa para evitar en mucha parte el ,, mal olor, que tan dificil es de remediar to- ,, talmente en estas Oficinas.

,, Las Quadras laterales F, destinadas para ,, la Tropa, estàn divididas por medio, en toda ,, su longitud, con un orden de Pilares y Arcos ,, de 2 $\frac{1}{2}$ pies de grueso, sobre quien descansan ,, las Maderas, y Bovedillas del piso superior. ,, De un Pilar à otro se labrò una Azitara de 5 ,, pies de alto, pero se dexaron abiertos quatro ,, Arcos, para el paso de los Soldados. Con ,, esta disposicion, resulta cada una de las Qua- ,, dras dividida en dos Dormitorios de 6 $\frac{1}{3}$ va-

,, ras

„ ras de ancho, en cada uno de los quales caben dos ordenes de camas con mucha comodidad, en los terminos que reprefenta el mifmo Difeño; donde fe puede ver, que en la parte inferior eftàn feñaladas al pie antiguo, como en el fuperior con arreglo al moderno; y que el lugar que necefitaban antes feis Soldados, folo es baftante ahora para tres.

„ A los extremos de los Dormitorios, fe han puefto los Quartos para los Sargentos, que aunque eftàn feparados de la Tropa, no les impide zelar defde ellos el buen orden, y quietud que fe requiere en eftos Edificios.

„ Las Efcaleras M, no tienen comunicacion con los Quarteles, por que unicamente firven para el ufo de los Pavellones, deftinados para los Oficiales; los quales ocupan el pifo fuperior, que fe reprefenta en la Lamina 4. A. En efte Plano es facil advertir, que continuando hafta el techo del Edificio todos los Muros del pifo inferior, fe ligan y atan contra ellos en el fuperior los Tabiques, que forman el Corredor 4, y los Alojamientos 2, y 3. En el Teftero opuefto à la entrada, eftà el que correfponde al Comandante ò Gefe principal, y en los otros tres fe han diftribuìdo los que pertenecen à los demàs Oficiales, regulando uno para cada Capitan, ò dos Subalternos. Las pie- *Lamina 4. A.*



„ zas de cada Alojamiento, como tambien las „ dimensiones de todas las Puertas, Ventanas, „ Porticos, y Balcones, no me detengo en ex- „ plicarlas, por que son bastante inteligibles „ por los Diseños, y estàn arregladas à las es- „ calas que los acompaña.

Lamina 5. A. „ En la Lamina 5. A. se demuestra el „ Perfil, y Elevacion del mismo Quartel, en „ quien la altura, hasta la Cornisa, es de 8 $\frac{1}{2}$ „ varas, esto es, las 4 $\frac{1}{2}$ del piso inferior, y „ lo restante del superior, incluyendo sus res- „ pectivos techos. El Texado se dispuso sobre „ una Armadura sencilla y robusta, que por ser „ bastante comprehensible por la figura mis- „ ma, no hay necesidad de mayor explicacion: „ Se le dieron dos vertientes, la una àcia afue- „ ra, y la otra à la parte del Patio; lo qual es „ mucho mejor que las quatro que aconseja „ *Mr. Muller*; por que en esta disposicion, es „ necesario establecer en el medio una Canal „ maestra (veaſe la Figura 3. Lamina 18.), „ que siempre ocasiona reparos, y malogra „ la duracion de las Maderas, por la mucha „ humedad que las penetra.

„ La situacion en que està construìdo este „ Quartel, no permitiò darle mayor eleva- „ cion, pues fue preciso arreglarla à la del „ nuevo Arrabal, para guardar con èl la mis- „ ma simetrìa y adorno exterior: Sin embar- „ go, la disposicion y numero de sus Venta-

„ nas,

„ nas, manifiesta claramente que no le hace „ falta, para la mas libre y desahogada venti- „ lacion, que es lo mas esencial para que „ estos Edificios sean saludables, y à cuyo „ punto se debe atender con particular cuyda- „ do en los Proyectos de esta naturaleza.

„ Pero siempre que se haya de aplicar es- „ te genero de Quarteles en algun parage „ donde se les pueda dar mayor elevacion, se „ harà hasta la de 10 $\frac{1}{2}$ varas, esto es, 5 $\frac{1}{2}$ pa- „ ra el piso inferior, y 5 para el superior, sin „ que haya necesidad de aumentar el grueso de „ los Muros; pues tambien en este caso es „ suficiente el de 2 $\frac{1}{2}$ pies, con tal que „ se liguen los exteriores à los interiores, „ de distancia en distancia, por medio de „ algunos Arcos de traves, que arrancando de „ sus Pilares fabricados contra los mismos „ Muros, se apoyen en los que estàn en el „ medio.

„ Esta disposicion de Quarteles, ofrece „ desde luego la idea de poder hacer otro, que „ sea capaz para alojar en èl un Regimiento „ entero: pues con separar los Pavellones de „ los Oficiales, ensanchar 25 varas el Edifi- „ cio, y aumentar un piso, se logra en po- „ co mayor extension de Terreno, el propues- „ to fin. Pero en este caso serà conveniente, „ que la altura del piso inferior sea de 5 $\frac{1}{2}$ va- „ ras, la del intermedio de 5, y la del superior

„ de

,, de 4, dando à ſus Muros el grueſo de 3 pies,
,, 2 $\frac{1}{2}$, y 2 reſpectivamente, ſin alterar coſa
,, alguna en todo lo demàs.

,, Con eſto quedan explicados los Diſe-
,, ños de los Quarteles de Infanterìa, edificados
,, en Barceloneta, cuyo exemplar es muy ade-
,, quado para ſeguirlo, ò imitarlo en todas
,, partes; pues es facil reconocer ſu utilidad
,, para el mejor Servicio del Rey, aſi en la co-
,, modidad con que ſe puede alojar, y diſci-
,, plinar la Tropa, como en lo poco coſto-
,, ſo de ſu fabrica, donde no hay Pieza, ni
,, Muro alguno, que no ſea de util y preciſo
,, deſtino. Ahora paſarè à manifeſtar la diſpoſi-
,, cion de los Quarteles de Caballerìa, que exîſ-
,, ten en varias partes de eſte Principado, to-
,, mando por modelo el que ſe ha conſtruìdo
,, en Reus à expenſas de la miſma Villa, para
,, alojar con toda conveniencia un Eſquadron
,, de Caballerìa, ò de Dragones.

,, Eſte Quartel conſiſte en un Edificio rec-
Lamina 6. A ,, tangular de 102 varas de longitud, y 84 de
,, latitud exteriormente, con un grande Patio
,, en el medio, de 62 varas de largo y 44 de
,, ancho, circuìdo con un Corredor de 3 varas
,, de latitud en limpio; y como los Pilares de
,, eſtos, del miſmo modo que los dos Muros
,, Principales, tienen una vara de eſpeſor, ſe
,, ſe ſigue, que todas las Piezas de eſte Edifi-
,, cio, incluſos ſus dos Muros exterior, è inte-
,, rior,

,, rior, comprehenden el eſpacio de 16 varas ,, de latitud. A los extremos de los dos Frentes mayores, eſtàn colocadas las Caballerizas ,, para las quatro Compañias del Eſquadron: ,, cada una conſta de 14 varas de latitud, y 35 ,, de longitud, ſin los Muros; de los quales los ,, que ſirven de Teſteros por la parte exterior, ,, tienen 2 varas de grueſo, para que mutuamente reſiſtan el empujo de todas las Bovedas con que eſtàn cubiertas, aſi las Piezas ,, inferiores, como las ſuperiores, y à quienes ,, ſirven de Eſtribos. Las expreſadas Caballerizas eſtan divididas por ſu longitud, con tres ,, Naves, fundadas ſobre ſeis Pilares de una vara en quadro de grueſo: Las de los lados ,, tienen 4 $\frac{1}{2}$ varas de ancho, y en ellas eſtàn ,, los Peſebres para 54 Caballos, como manifieſta el miſmo Diſeño: La anchura de ,, las intermedias es de 3 varas, y ſirven para ,, deſahogo de las miſmas Caballerizas, y para ,, que los Soldados repartan comodamente el ,, pienſo à los Caballos.

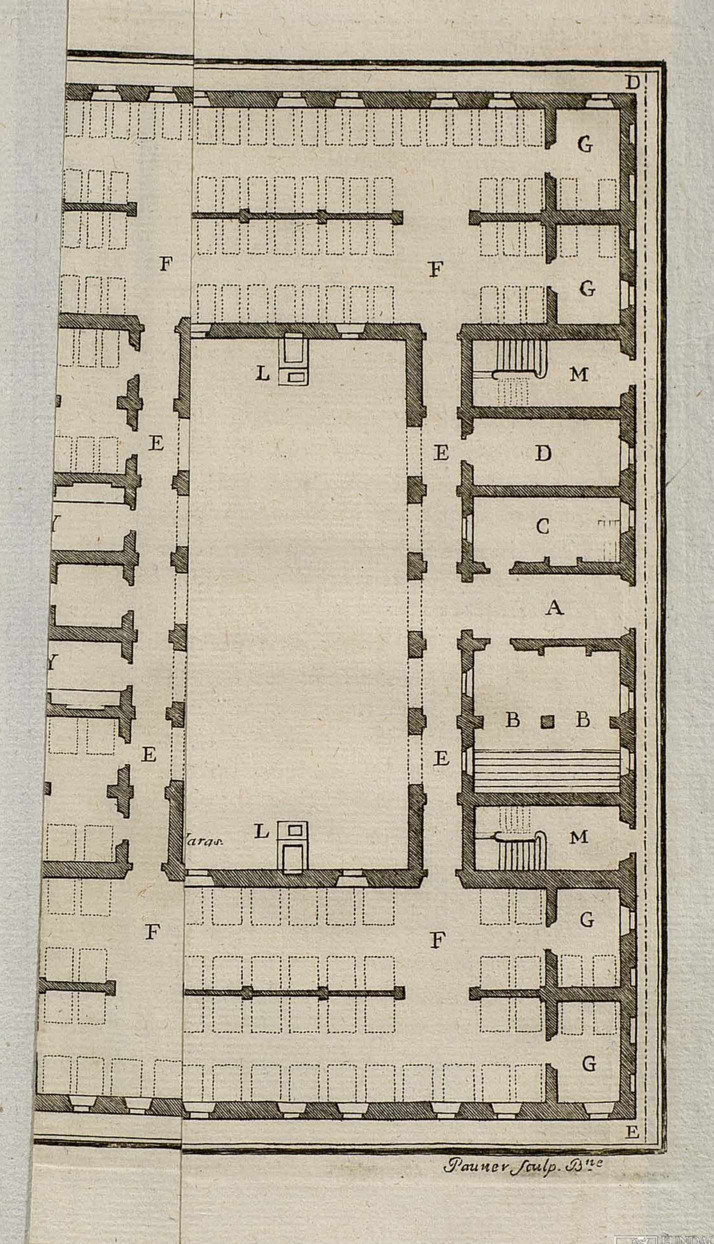
,, Entre las Caballerizas del Frente CD ,, eſtà la entrada principal A, con el Cuerpo ,, de Guardia B, el Quarto C para el Oficial ,, de Piquete, y la Priſion D; y en correſpondiencia de eſtas Oficinas, ſe han deſtinado en ,, el Frente opueſto las Bovedas I, K, para el ,, Albeytar, y el Vivandero, con la ſalida Q para que con mas libertad ſe ſaquen los Caballos al freſco.

,, A

,, A los otros dos lados del Patio, ſe ha-
,, llan las Eſcaleras M, para que ſuba la Tro-
,, pa à ſus reſpectivos Dormitorios, como tam-
,, bien las Cocinas L, los Almacenes H para
,, la Paja, y las Caballerizas G, F, para los Ca-
,, ballos del uſo de los Oficiales, y para los
,, que eſtèn enfermos. Todas eſtas Bovedas, y
,, las antecedentes, tienen 14 varas de fondo,
,, ſobre 8 de latitud, y ſus Muros de diviſion
,, una de grueſo.

,, El piſo ſuperior no ſe diferencia ſenſi-
,, blemente del inferior, y por lo miſmo no ſe
,, añade ſu repartimiento; pues ſolo baſta ad-
,, vertir que los Dormitorios para la Tropa,
,, ocupan los dos Frentes mayores, à excepcion
,, de las Bovedas extremas, en donde eſtàn los
,, Quartos para los Sargentos, y los que correſ-
,, ponde para recoger las Armas, como Piſto-
,, las, y Carabinas de los Soldados que no
,, eſtàn de Servicio. Las ocho Bovedas que re-
,, ſultan à los lados de las Eſcaleras, tienen ſu
,, deſtino para los Muſicos, Trompetas, Solda-
,, dos caſados, &c.

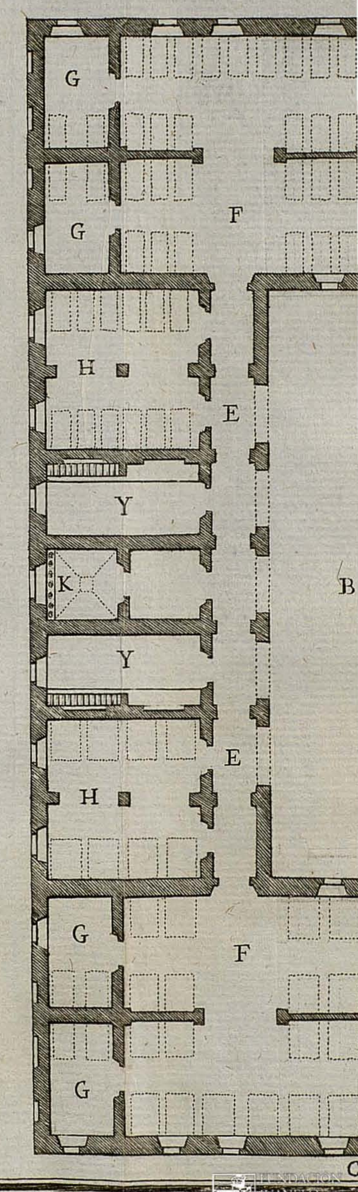
Lamina ,, La altura de eſte Quartel es de 14 va-
7. A. ,, ras, eſto es, 7 del piſo inferior, 6 del ſupe-
,, rior, y 1 de la Cornija; y añadiendo 6, que
,, tiene la Armadura, reſulta de 20 la total del
,, Edificio, como ſe puede exâminar por ſu
,, Perfil. En eſte ſe manifieſta con claridad la
,, eſtructura interior del Edificio, la natura-
,, le-

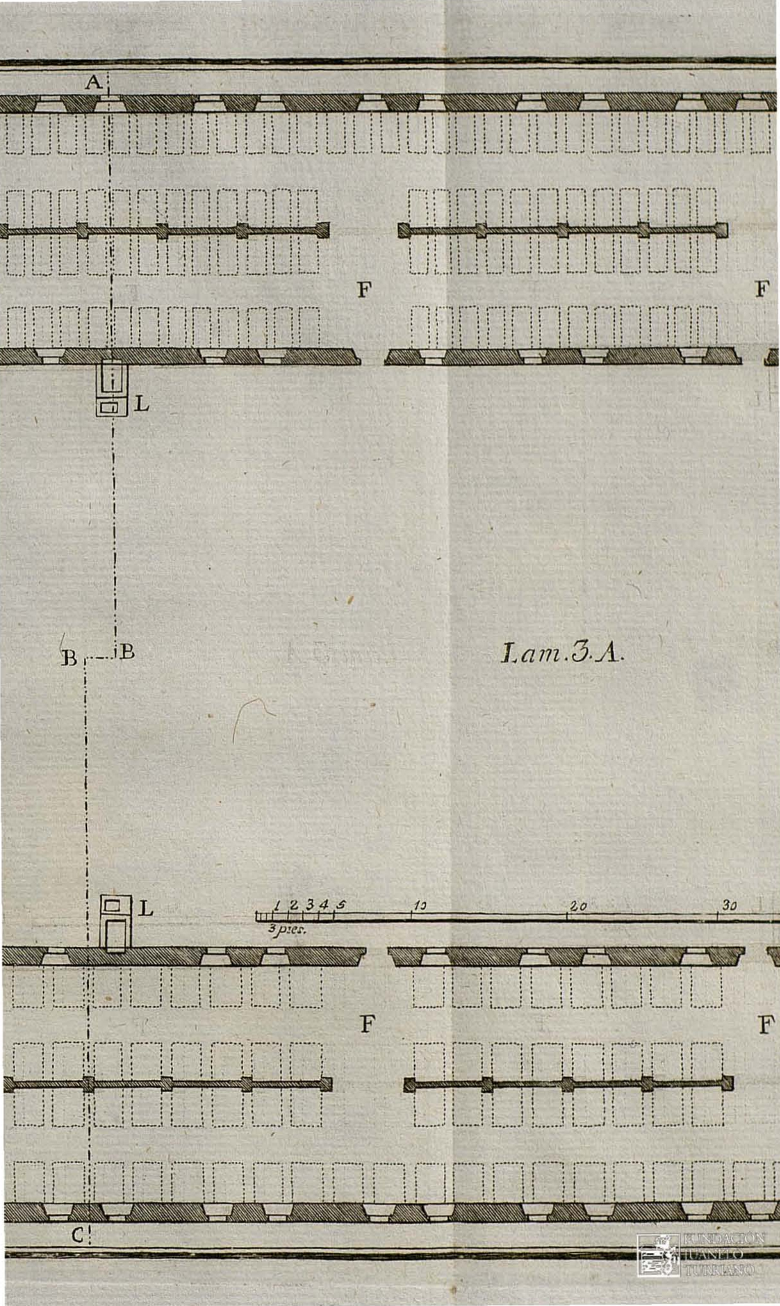

D
G
F
F
G
L
M
E
E
D
C
A
B
B
E
E
L
M
G
F
F
G
E
Pauner Sculp. Bne

Plano inferior de uno de los Quarteles de Ynfanteria construidos en Barceloneta, para alojar un Batallon con sus oficiales, segun el pie antiguo de tres soldados por Cama; y que solo es suficiente para la mitad de esta Tropa, regulando una Cama por cada hombre, conforme S.M. lo tiene mandado por su real Decreto de 4 de Octubre de 1766.

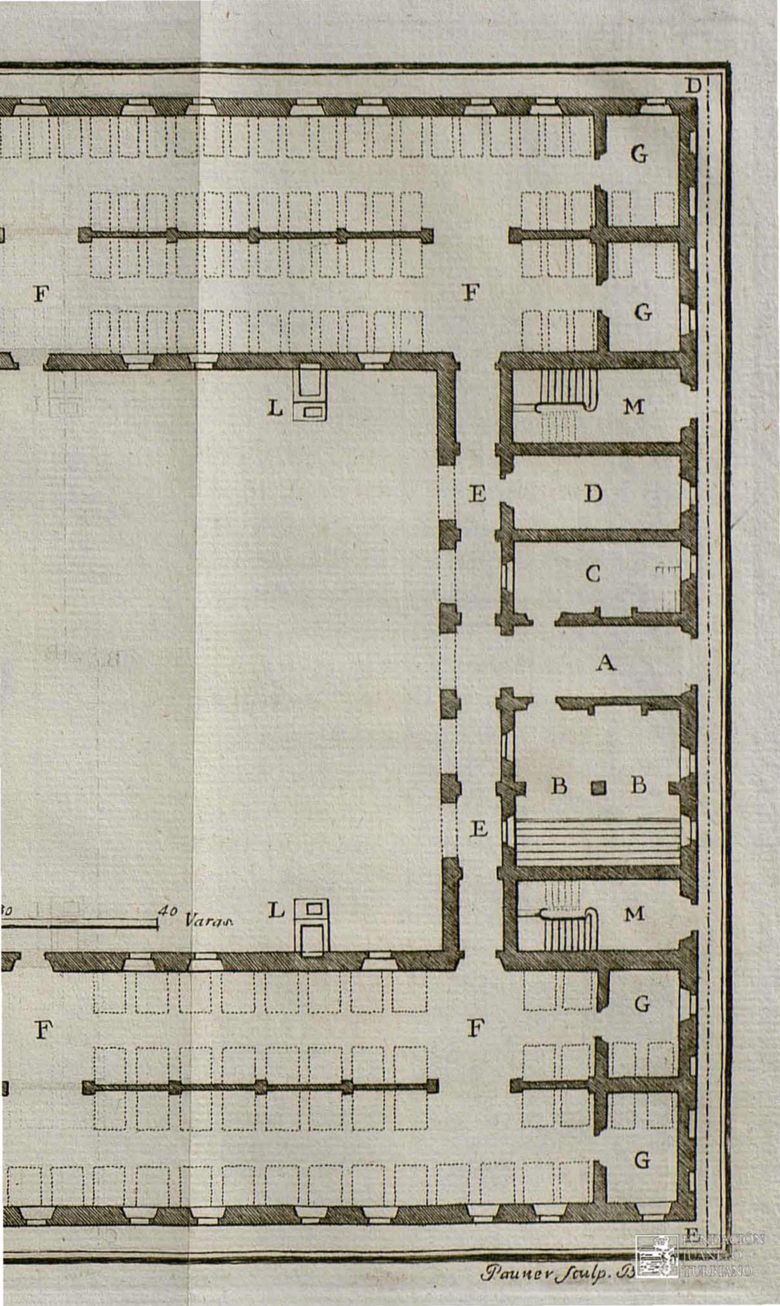
EXPLICACION.

A....*Entrada principal.*
B....*Cuerpo de Guardia para los Soldados de Piquete.*
C....*Quarto para el Oficial.*
D....*Calabozo.*
E....*Porticos.*
F....*Quadras.*
G....*Quartos para Sargentos.*
H....*Quadras para Granaderos.*
Y....*Cozinas.*
K....*Comunes.*
L....*Pozos.*
M....*Escaleras para suvir á los Pavellones de los Oficiales.*

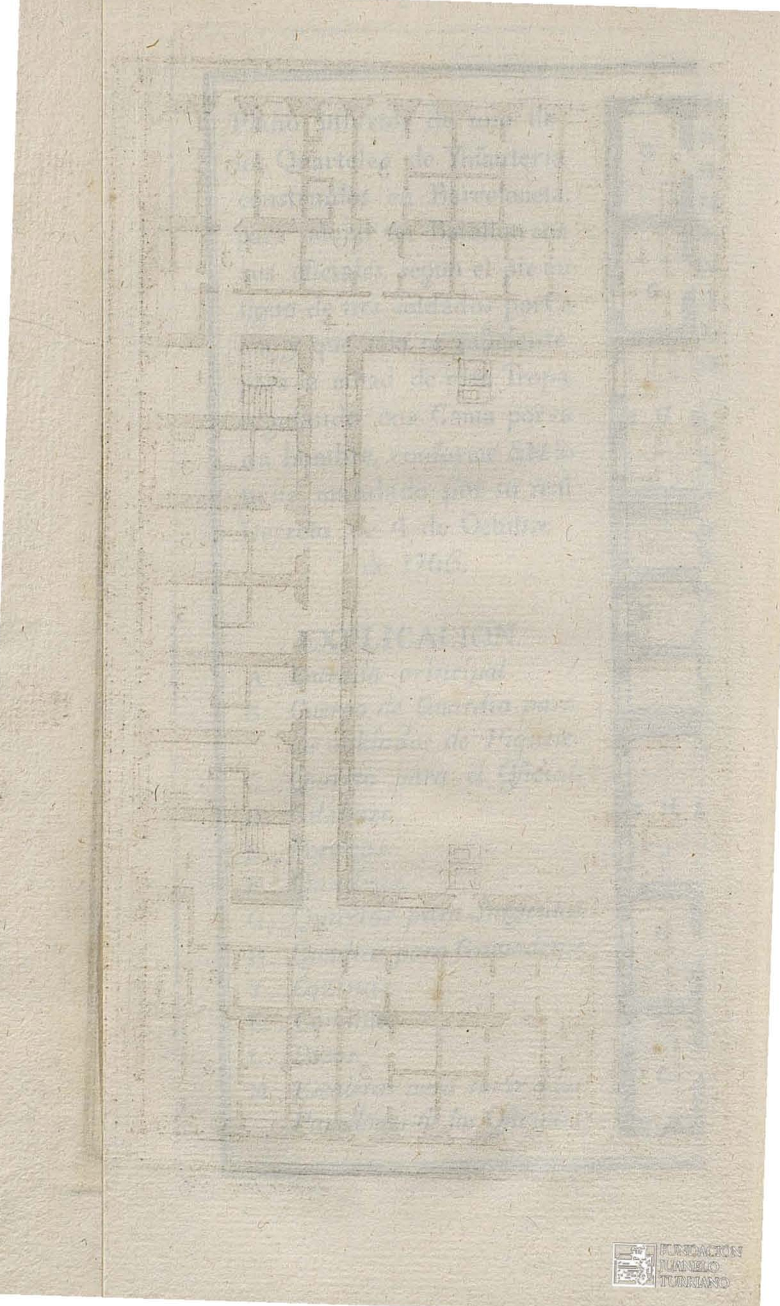


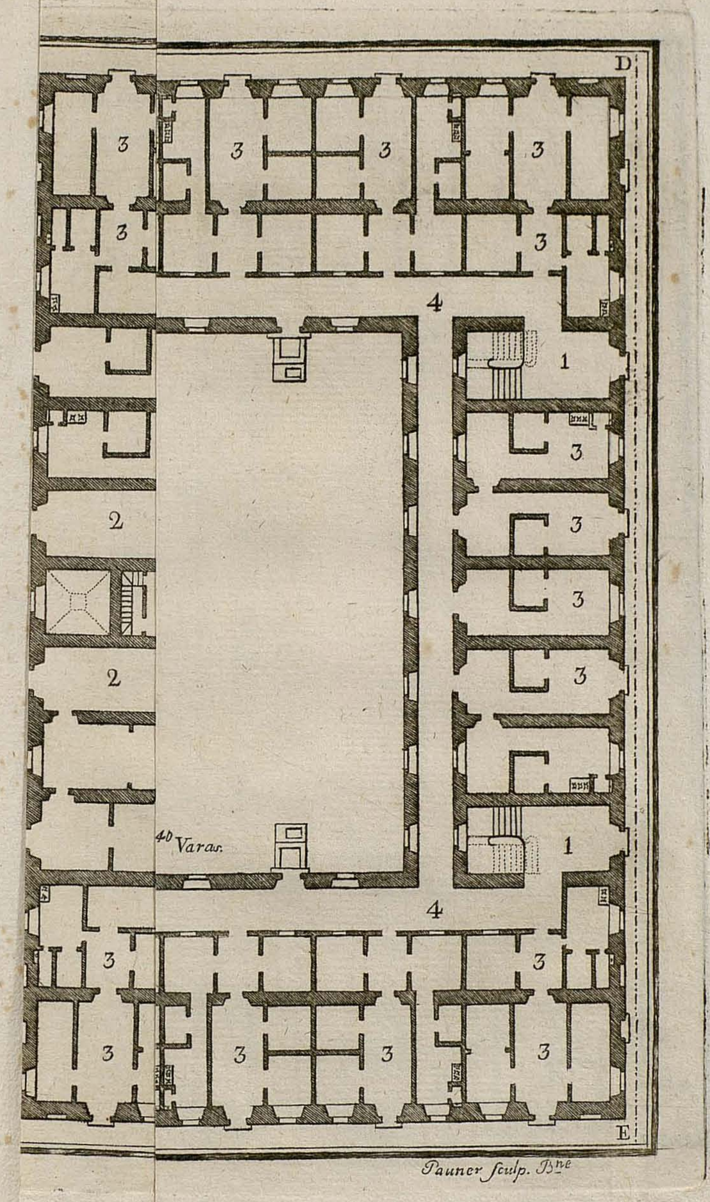


A
F
F
L
B
B
Lam.3.A.
L
1 2 3 4 5
10
20
30
3 pies.
F
F
C



D
G
F
F
G
L
M
E
D
C
A
B
B
E
30
40 Varas.
L
M
F
F
G
G
E
Pauner Sculp.




D
3
3
3
3
3
3
4
1
3
3
3
3
2
2
1
40 Varas.
4
3
3
3
3
3
3
E
Pauner sculp. Bne

Plano superior de uno de los Quarteles de Barceloneta en el qual se manifiesta la distribucion y orden de los Pavellones que sirven para alojamiento de los Oficiales.

EXPLICACION.

1 ...... *Escaleras.*

2 ...... *Pavellon para el Comandante.*

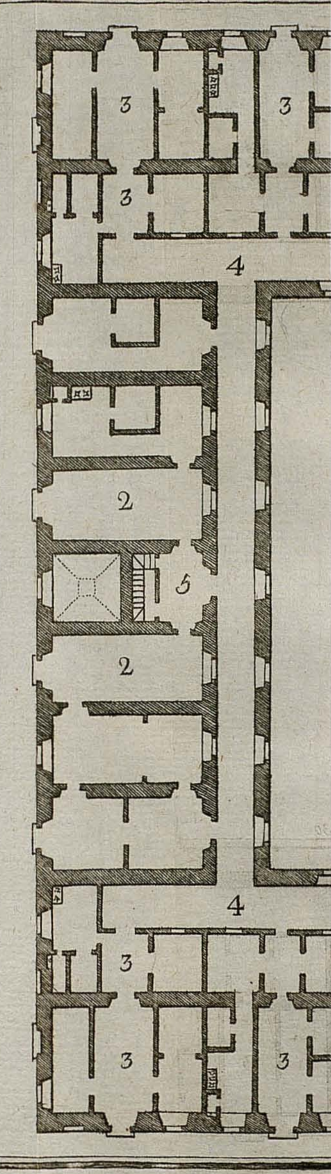
3 ...... *Pavellones para Oficiales.*

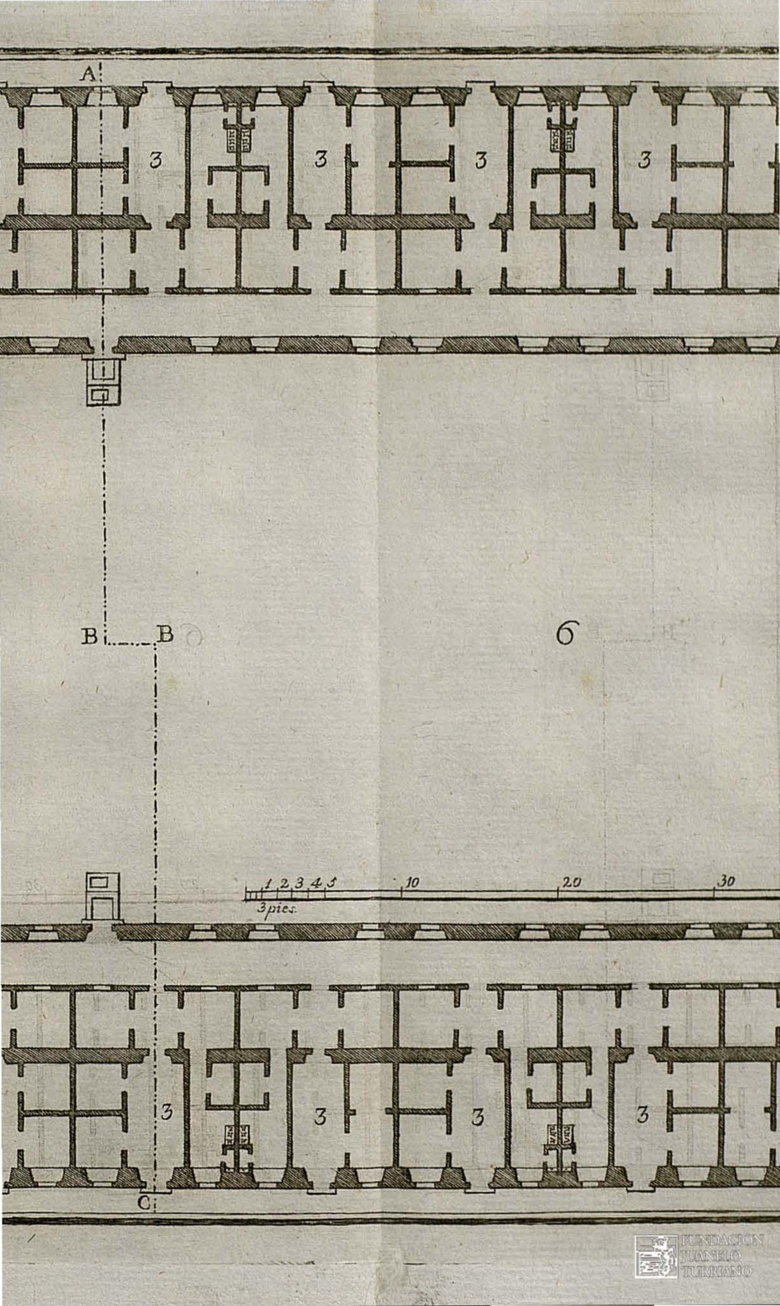
5 ...... *Escalera, que conduce à los desbanes.*

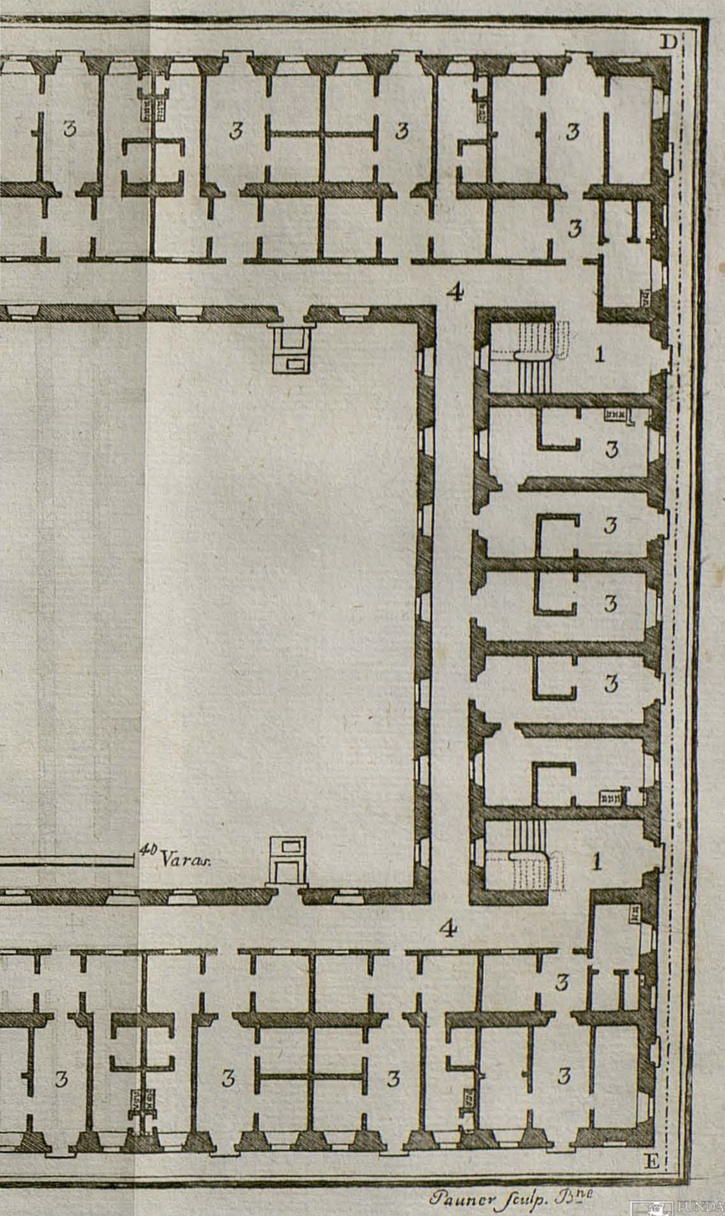
6 ...... *Patio.*

4 ...... *Corredores.*

Lam. 4. A.




A
3
3
3
3
B
B
6
1 2 3 4 5
10
20
30
3pies.
3
3
3
3
C
FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



Pauner sculp. Bne

Perfil cortado sobre las lineas A.B.C. de lo

Eleva

1 2

e los Planos anteriores relativos à uno de los Quart

evacion del mismo Quartel visto por la Fachada prin

2 3 4 5 10 15 20 25

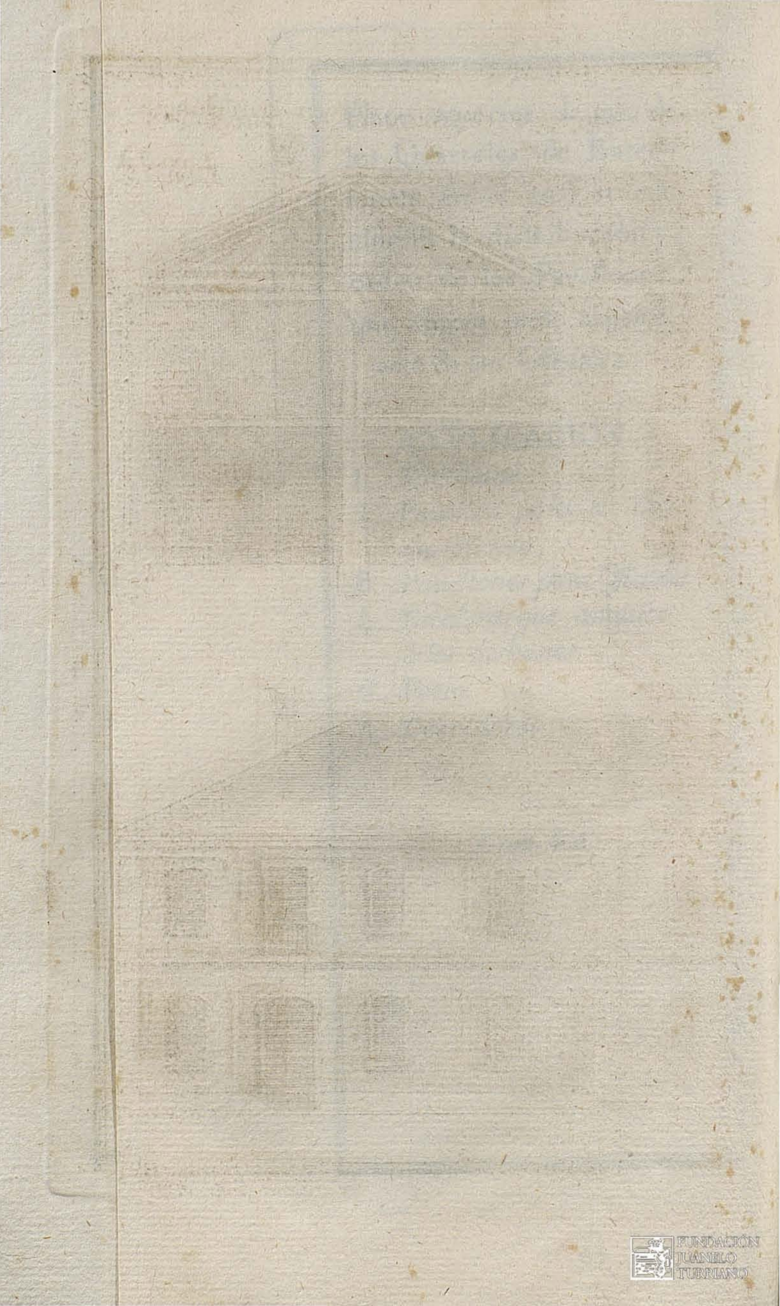
arteles de Ynfanteria construydos en Barceloneta.

Lam. 5. A.

principal. E.D.

25 30 Varas.

Pauner Sculp. B.na



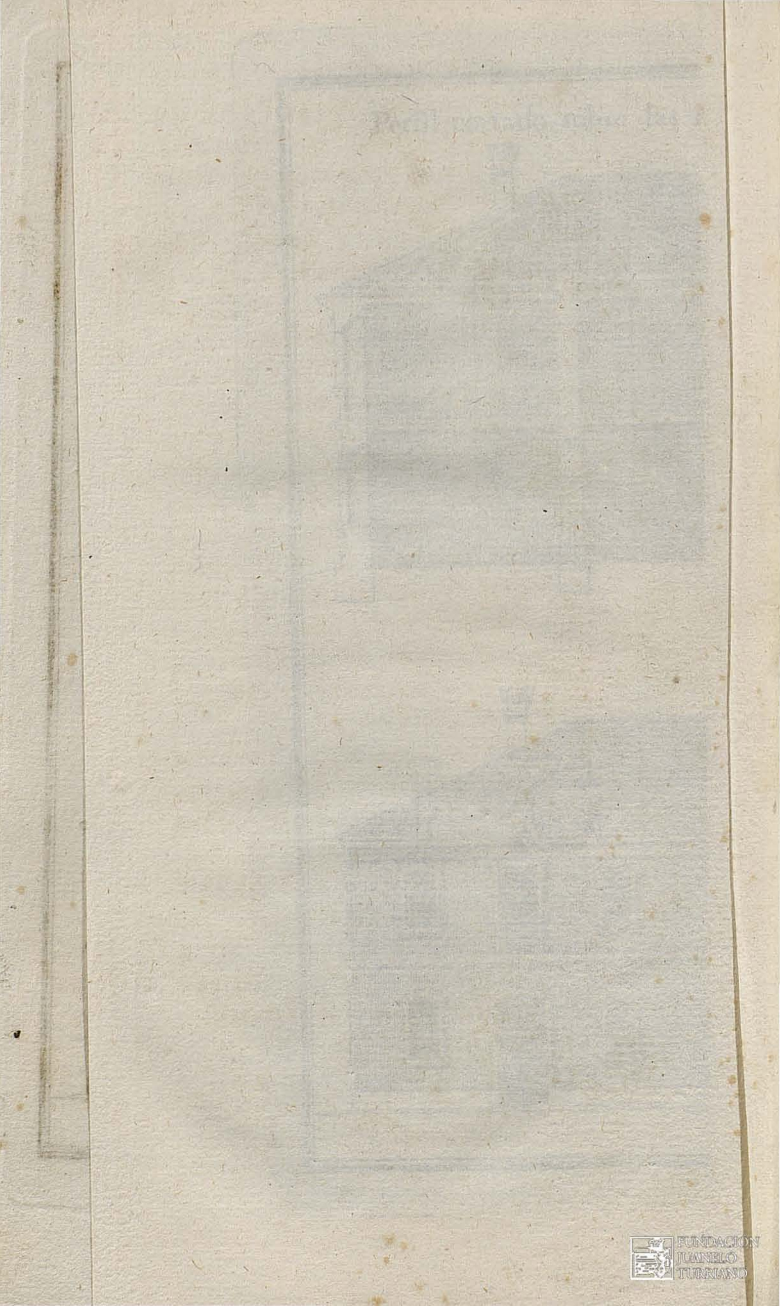
ineas Anfanteria construydos en Barceloneta.

Lam. 5. A.

D.

30 Varas.

Pauner Sculp. B.^{ne}



,, leza de ſus Bovedas (que ſon de Tabique, y
,, conſtruìdas por Ariſta), la diſpoſicion de las
,, Eſcaleras, la magnitud y numero de los
,, Arcos y Pilares de los Corredores, la for-
,, macion de la Armadura, y colocacion de
,, las Claraboyas para ſu ventilacion, con el
,, adorno y decoracion del Patio: La que
,, correſponde à lo exterior, ſe demueſtra en
,, la Fachada del miſmo Quartel, ſiendo uno
,, y otro muy proprio para Edificios Milita-
,, res, donde ſe requiere una Arquitectura ma-
,, geſtuoſa, ſencilla, y robuſta.

,, Para no hacer mas difuſa la explica-
,, cion de los Diſeños de eſte Quartel, omito
,, la enumeracion particular de las dimenſio-
,, nes de ſus Puertas, Ventanas, Arcos, y Pila-
,, res del Patio; ſingularmente quando es facil
,, deſcubrirlas, por medio de las Eſcalas, à
,, que eſtàn arreglados con la mayor exâctitud
,, poſible los miſmos Diſeños.

,, Eſtos dos exemplares de la diſpoſicion
,, que deben tener los Quarteles de Infanterìa,
,, ò Caballerìa, y que reciprocamente pueden
,, ſervir entrambos para uno ù otro, ſon ſufi-
,, cientes para dàr à los Eſtudioſos una idea
,, de las circunſtancias mas principales, que
,, han de tener preſentes al tiempo de ſu
,, Proyecto ò edificacion, ya ſe diſpongan
,, ſus techos de Maderas, ò ya de Bovedas;
,, quedando ſolo à ſu cuydado, y diſcer-

,, nimiento el ajuſtarlas à la calidad de los Ma-
,, teriales, à la capacidad y naturaleza del
,, Terreno, que debe dictar las dimenſiones de
,, los Cimientos, y al numero y calidad de la
,, Tropa para quien ſe deſtinen.

De los Hoſpitales.

Uno de los Edificios mas neceſarios en las Plazas de Armas, ſon los Hoſpitales para Enfermos, y Heridos: Su capacidad debe regularſe por el numero de Soldados que ſe conſideren preciſos para la defenſa de un Sitio, atendiendo à que ordinariamente ſuele haber un Hombre enfermo por cada 25 de los que componen la Guarnicion, ſegun ſe ha obſervado, y enſeña la experiencia. Pero eſta Regla no ſe ha de aplicar en las Plazas, que ſe edifiquen en Terrenos baxos y pantanoſos; por que en eſte caſo, el numero de Enfermos ſerà mayor que ſi eſtubieſen ſituadas en parages elevados, donde el áire circule con libertad y ſea ſaludable.

Hecho el computo de los Enfermos, que à corta diferencia pueda haber, ſe ſabrà el numero de camas que deben emplearſe, y por conſiguiente la extenſion que ha de darſe al Hoſpital. Eſte Edificio ſe compone de dos Quadras, ò Salas eſpacioſas, una ſobre otra, las quales han de ſer de magnitud proporciona-
da

da para quatro ordenes de camas, y à este fin les dàn los Franceses 49 pies de ancho: Por esta cuenta, si solo hubieren de ponerse dos ordenes de camas, bastarà que las Salas tengan 24 $\frac{1}{2}$ pies de latitud. A cada cama se le han de dàr 4 pies de ancho, y lo mismo de intervalo de una a otra; de forma, que sabiendo el numero de camas que se hayan de establecer, serà facil determinar la longitud de las Salas, por que para cada dos ò quatro, tomadas en la anchura de la Quadra, se deben dàr à esta 8 pies de longitud. Las camas, ordinariamente se hacen de 7.5 pies de largo.

Ademàs de las Quadras para los Enfermos, ha de haber Alojamientos competentes para un Medico, un Cirujano, sus Practicantes, Boticario, Enfermeros, y Domesticos; como tambien Cocinas, Panaderìa, Lavaderos, Terrados para enjugar la ropa, y las demàs Oficinas, que sean precisas para la asistencia, comodidad, y aseo de los Enfermos.

En la Seccion XVIII. se ha explicado la situacion que mas conviene à los Hospitales: pero aqui se añade, que si no fuere posible construirlos cerca de algun Rio, importa à lo menos introducirles una Azequia; por que la abundancia de agua, es absolutamente necesaria, para lavar la ropa y vendage de los Enfermos y Heridos; pues el aseo, el primor, y la limpieza son los unicos medios de evitar el

mal olor, que ofende à los Enfermos, y hace ingrata la indiſpenſable aſiſtencia en eſtos Edificios.

No exhibo Plano de algun Hoſpital determinado, por que ſe conſtruyen de varios modos, ſegun ſu magnitud y ſituacion: pero antes de hacer el Proyecto de eſte genero de Edificios, conviene exâminar y reconocer todas las circunſtancias del Terreno, y aun conſultar à los Medicos y Cirujanos ſobre las varias comodidades que ſe deben tener preſentes, para que ſu diſpoſicion reſulte ventajoſa al mas pronto reſtablecimiento de los Enfermos.

Para que eſtos logren el beneficio de aſiſtir diariamente à los Oficios Divinos, ſe coloca una Capilla ò Altar en uno de los extremos de la gran Sala; y ſi encima hubiere otra, ſe diſpone en eſta un Balcon ò Tribuna, por donde los Enfermos puedan oìr Miſa, ſin preciſion de baxar las Eſcaleras.

De los Arſenales.

Ninguna Plaza de Armas ſe debe edificar ſin los correſpondientes Arſenales para todo genero de Municiones, Pertrechos, y Artillerìa: y ſi la ſituacion de la Fortaleza fuere cerca de la Mar, ò de Rio navegable, ſerà preciſo conſtruir alguno para Maderas, Cordage, Ancoras, y otras coſas neceſarias al ſurtimiento y reparo de las Embarcaciones.

En

para
ıdron
ın se
e

ı.

.

pañias

los Oficiales.

or.

à sus.
s.

los Cavallos.

40 Varas.

E

O N

P

L

L

M

A

H

B

P F

O

E

C D

Pauner Sculp Bne

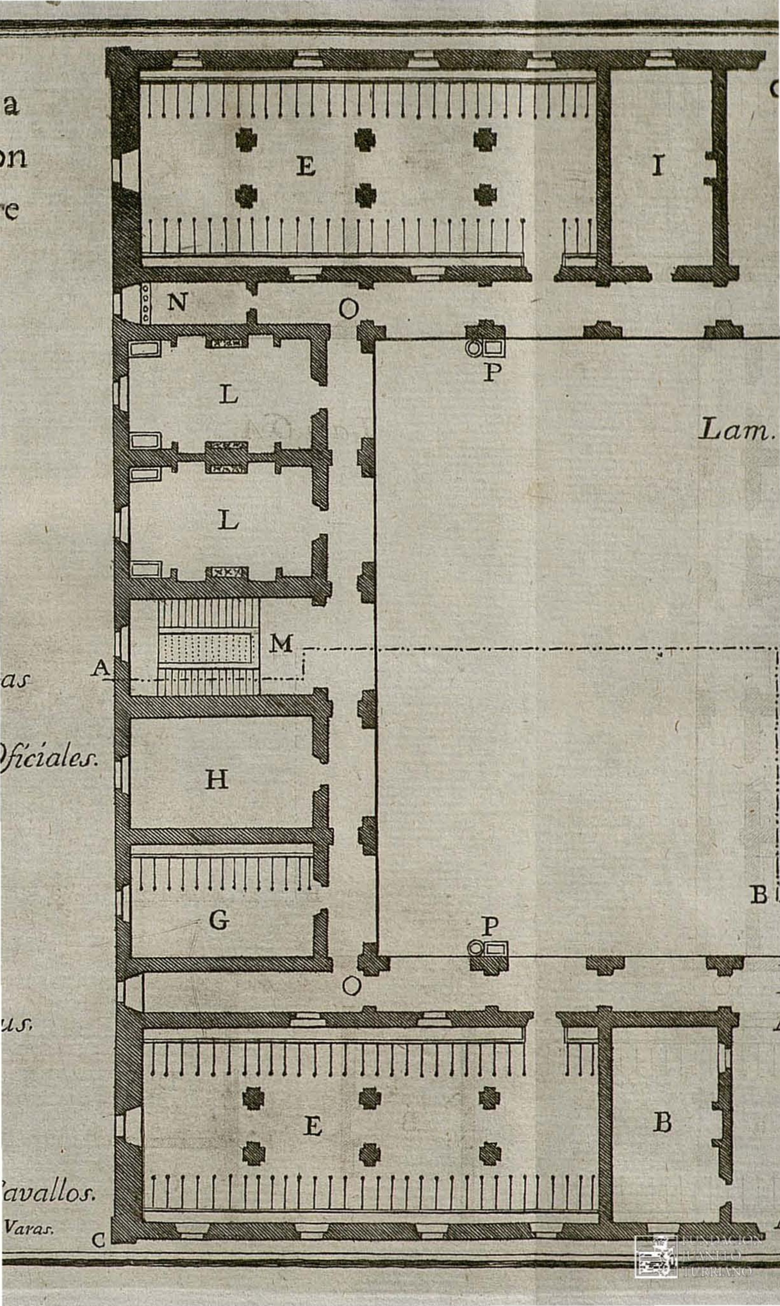


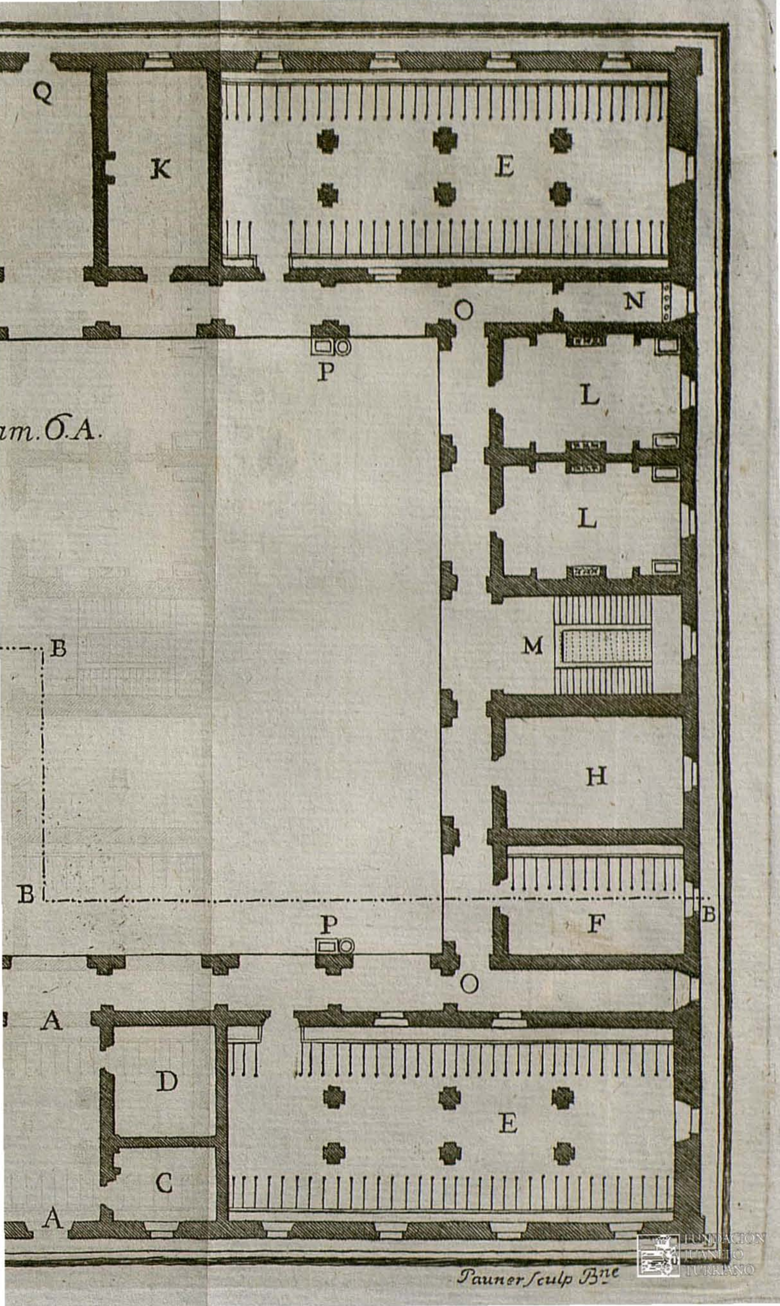
Plano inferior de un Quartel para Alojar comodamente un Esquadron de Cavalleria, ò Dragones, segun se halla construydo en la Villa de Reus en este Principado de Cathaluña

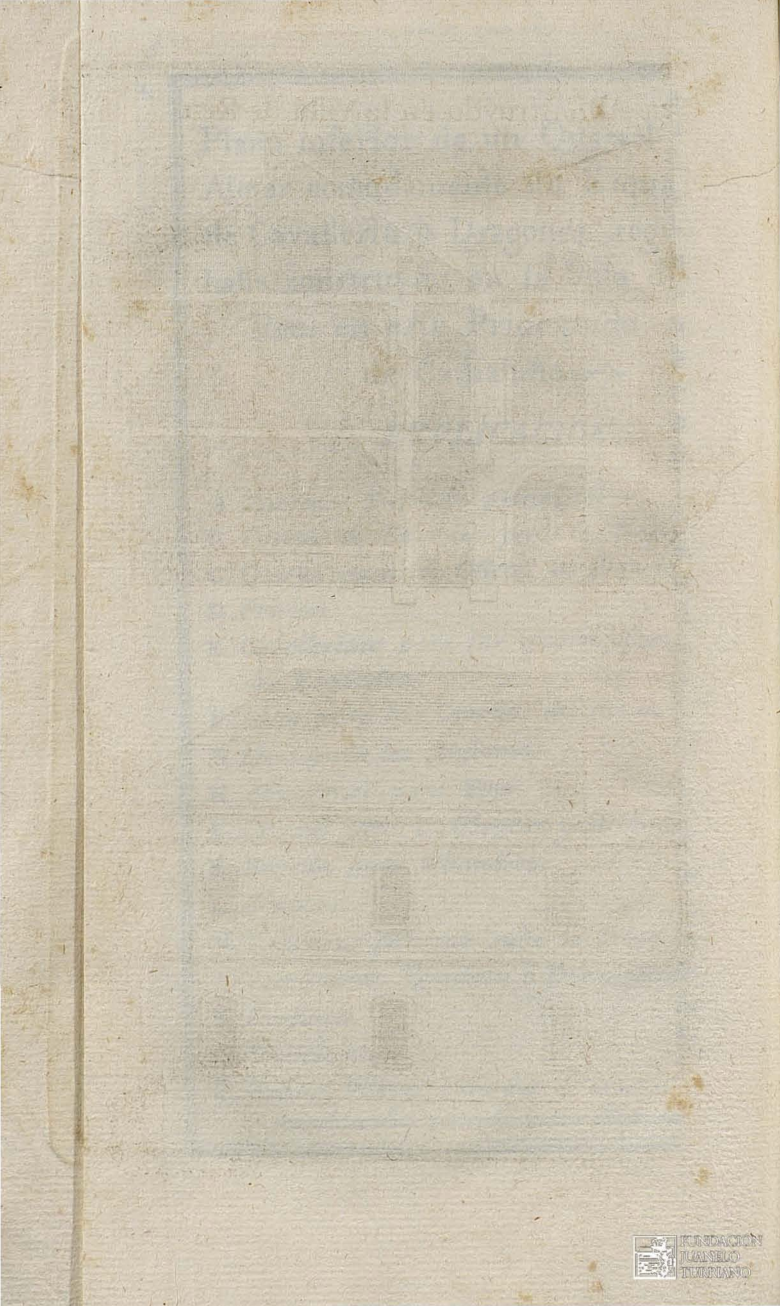
EXPLICACION.

A. *Puerta, y Entrada principal.*
B. *Cuerpo de Guardia para la Tropa.*
C. *Quarto para el Oficial de Piquete.*
D. *Prision.*
E. *Cavallerizas para las quatro Compañias del Esquadron.*
F. *Idem. para los Cavallos del uso de los Ofici*
G. *Idem. para los Enfermos.*
H. *Almacenes para Paja.*
I. *Ofisina para el Albeytar, y Herrador.*
K. *Boveda para Vibanderos.*
L. *Cozinas.*
M. *Escaleras paraque suba la Tropa à sus respectivas Quadras, ò Dormitorios.*
N. *Comunes.*
O. *Corredores.*
P. *Pozos, y Pilones para dar de beber à los Cava*

5 10 20 30 40 *Varas*


a
on
e
E
I
N
O
P
Lam.
L
L
M
A
as
ficiales.
H
G
B
P
O
us.
E
B
avallos.
Varas.
C


Q
K
E
N
O
P
L
...am. 6.A.
L
B
M
H
B
F
B
P
O
A
D
E
C
A
Pauner Sculp Bne
FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO



ea AB onstruydo en la Villa de Reus.

Lam. 7. A.

Elev.

Pauner Sculp. B.ne

Perfil cortado por la linea AB. del P

Elevacion

1 2

Plano anterior, relativo al Quartel de Cavalleria o

on del mismo Quartel, visto por la Fachada pr

1 2 3 4 5 10 15 20 30

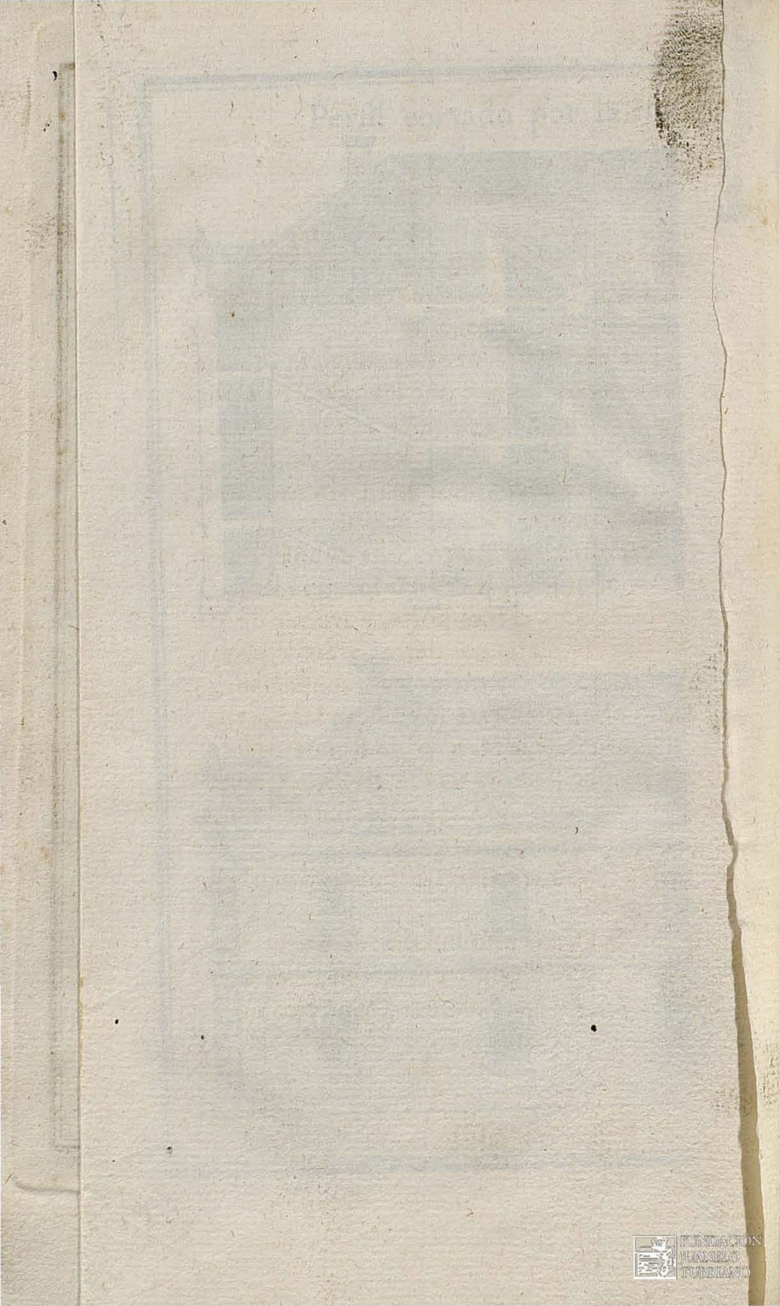
o Dragones, construydo en la Villa de Reus.

Lam. 7. A.

rincipal. CD.

40 Varas.

Pauner Sculp.



En los pequeños Fuertes, como una Ciudadela, ò Caſtillo, ſerà ſuficiente hacer un Arſenal de moderada extenſion, para las Municiones, y efectos conducentes à ſu defenſa: Pero en una grande Plaza ſituada en la Frontera del Eſtado, es indiſpenſable, que haya un Arſenal eſpacioſo, y capaz de contener todo lo neceſario al Tren de Campaña.

Los Arſenales de eſta naturaleza, ſe deben eſtablecer, ſiempre que ſea poſible, à los margenes de un Rio, en quien à lo menos puedan navegar pequeñas Embarcaciones: En eſte caſo conviene conſtruìr una Darſena, para que à un miſmo tiempo puedan cargar, y deſcargar diferentes Barcos. Eſta diſpoſicion es muy importante, para evitar los grandes gaſtos que ocaſiona el tranſporte, y acarreo de los efectos de Artillerìa por tierra, y con eſpecialidad quando las diſtancias ſean conſiderables. Y como ordinariamente ſe edifican las Fortalezas à la orilla de la Mar, ò de Rio navegable, ſe ſigue, que ſiempre tendrà arbitrio el Ingeniero, para dàr al Arſenal la ſituacion mas ventajoſa que ſea poſible, ſupliendo con el arte lo que falte à la natural diſpoſicion del Terreno.

El ſuelo, ò piſo inferior de un Arſenal, conſiſte en una, ò diferentes Atarazanas, donde ſe colocan los Cañones y Morteros, con ſus Cureñas y Afuſtes, los Carros, Balerìa,

Bom-

Bombas, y demàs efectos, que por muy pesados no se pueden almacenar en el piso superior. Asimismo debe haber Fraguas para Herreros, Talleres para Cerrageros, Maestros de Carros, Carpinteros de Obra Blanca y de Ribera, con las demàs Oficinas que sean necesarias para las maniobras, y trabajos que ocurren en estos Edificios.

En el piso principal se ha de establecer la Sala que se destine para Armerìa, guarneciendola con sus correspondientes Estantes, Perchas, y Escaparates donde se coloquen con orden, y primor todo genero de Armas largas, y cortas, asi de fuego, como blancas, à saber: Fusiles, Caravinas, Mosquetes, Pistolas, Espadas, Chuzos, Bayonetas, &c. En el mismo piso se disponen diversos Almacenes pequeños, para Utiles, Herramientas, Cordage, Pontones ò Barcas pequeñas para Puentes, con otros efectos, y pertrechos, que por ser ligeros se pueden transportar facilmente. Un Ingeniero, que no estè bien instruìdo de todo lo que pertenece à la Artillerìa, no podrà formar una justa idea de la distribucion, y magnitud que conviene dàr à los Arsenales. Entre las Facultades de los Oficiales de Ingenieros, y Artillería hay una conexîon tan estrecha, que ninguno podrà desempeñar bien sus encargos, sin estàr medianamente instruìdo en los que al otro corresponden. Conozco que esta proposi-

cion parecerà ridicula à algunos Practicos de *Inglaterra*; pero como la intencion con que yo escribo esta Obra, es solamente la de instruìr à los Jovenes Ingenieros, no me embaraza lo que puedan decir aquellos que estàn persuadidos, que la pràctica sola es suficiente para desempeñar con acierto los encargos de su Empleo.

Para dàr alguna luz sobre este genero de Edificios, se representa en la Lamina 19. una quarta parte del Plano del Arsenal que se ha executado aqui en *Wooluich*, con la vista de una porcion de las Fachadas interiores. La Atarazana que lo circuye tiene 38 $\frac{1}{2}$ pies de latitud interior, 329 de longitud por la una parte, y 182 por la otra: La altura de los Muros es de 19 pies, el espesor de 2, con sus Pilastras de 2 pies de ancho, 18 de intervalo, y 9 pulgadas de resalte. Las Puertas, que en todas son ocho, tienen 11 pies de ancho, y 16 de alto: Los Arcos que se manifiestan de la parte interior, son de 9 pies de ancho, y 13 $\frac{1}{2}$ de alto hasta la clave. *Lam.* 19.

En la Lamina 20. se demuestran las Fachadas exteriores, junto con un Perfil que pasa por medio de la mayor Atarazana, y corta la Armadura que la cubre. Respecto, que este Diseño no ofrece dificultad alguna para entenderlo, no me detendrè en mas difusa explicacion. *Lam.* 20.

Sir-

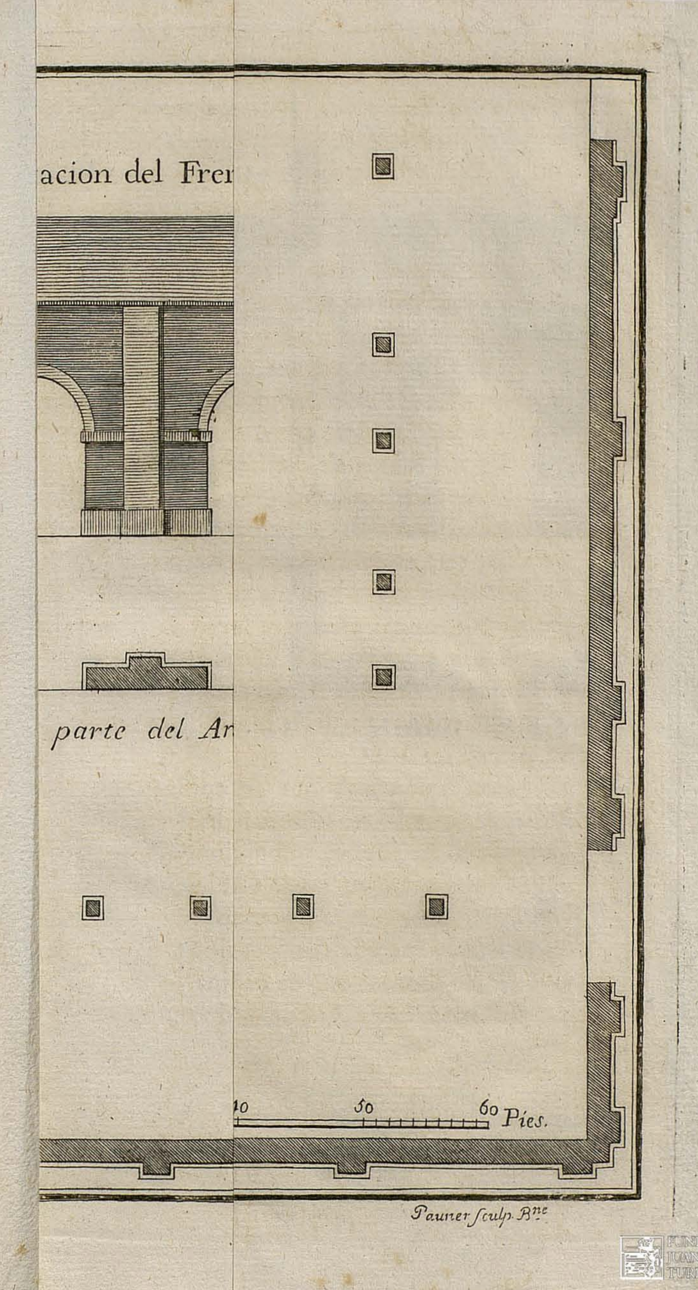
Sirve este Edificio para almacenar las Cureñas del servicio de Mar y Tierra, Morteros à placa, Barcas sobre ruedas, y Carros cubiertos, con los demàs que se emplean en Campaña. Como las Maderas se conservan mas tiempo sin podrirse quando estàn ventiladas por todas partes, es conveniente hacer diferentes Arcos en el Muro interior, para que el áire circule y pase con libertad por las Atarazanas, segun se ha practicado en el Arsenal que se representa en las dos Laminas citadas.

En las Plazas de considerable extension, se construyen ademàs del grande Arsenal, diferentes Almacenes inmediatos al Terraplen, para que en tiempo de Sitio sirvan de repuestos en quienes se tenga à la mano Municiones, y pertrechos, cuyos efectos se sacan del Arsenal, quando lo permite la ocasion. Pero como la construccion de estos Almacenes, no encierra la menor dificultad, serìa inutil detenerse mas en su explicacion.

Los Arsenales, que se edifican en las Plazas maritimas, no solo han de tener capacidad para la Artillerìa, municiones, y pertrechos; sino tambien para Cables, Ancoras, Cordage, Arboladura, y todo lo demàs que sea necesario para la construccion, ò reparacion de los Baxeles que de ordinario freqüenten el Puerto. Estos Arsenales deben tener dos

pi-

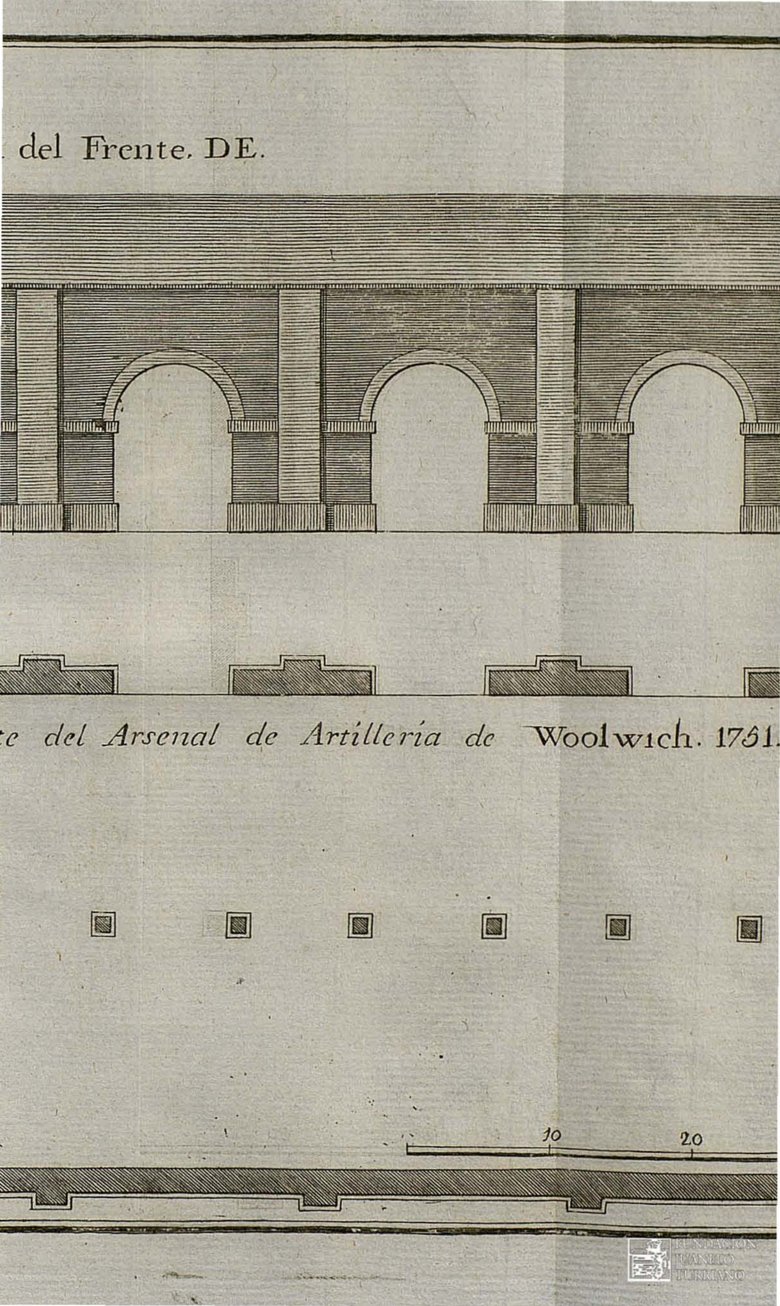


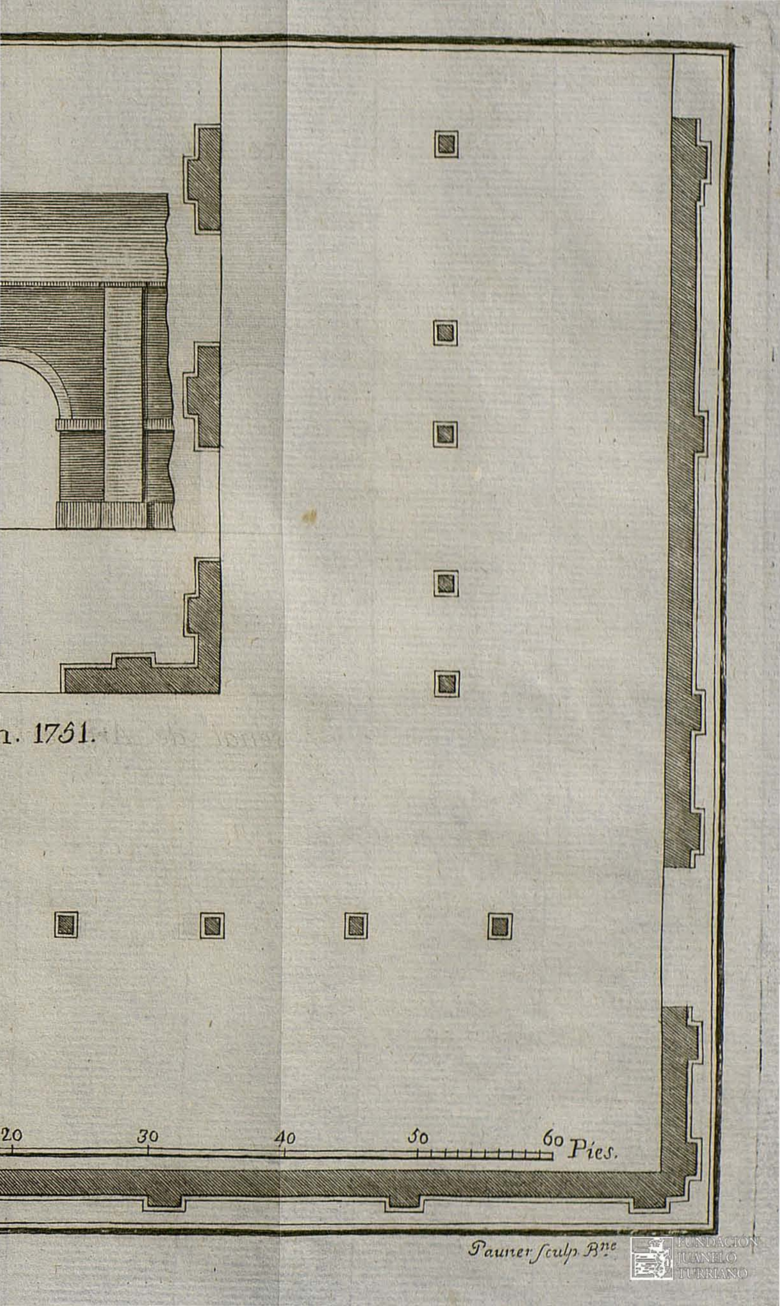

acion del Fren
parte del Ar
40
50
60 Pies.
Pauner sculp. Bne.

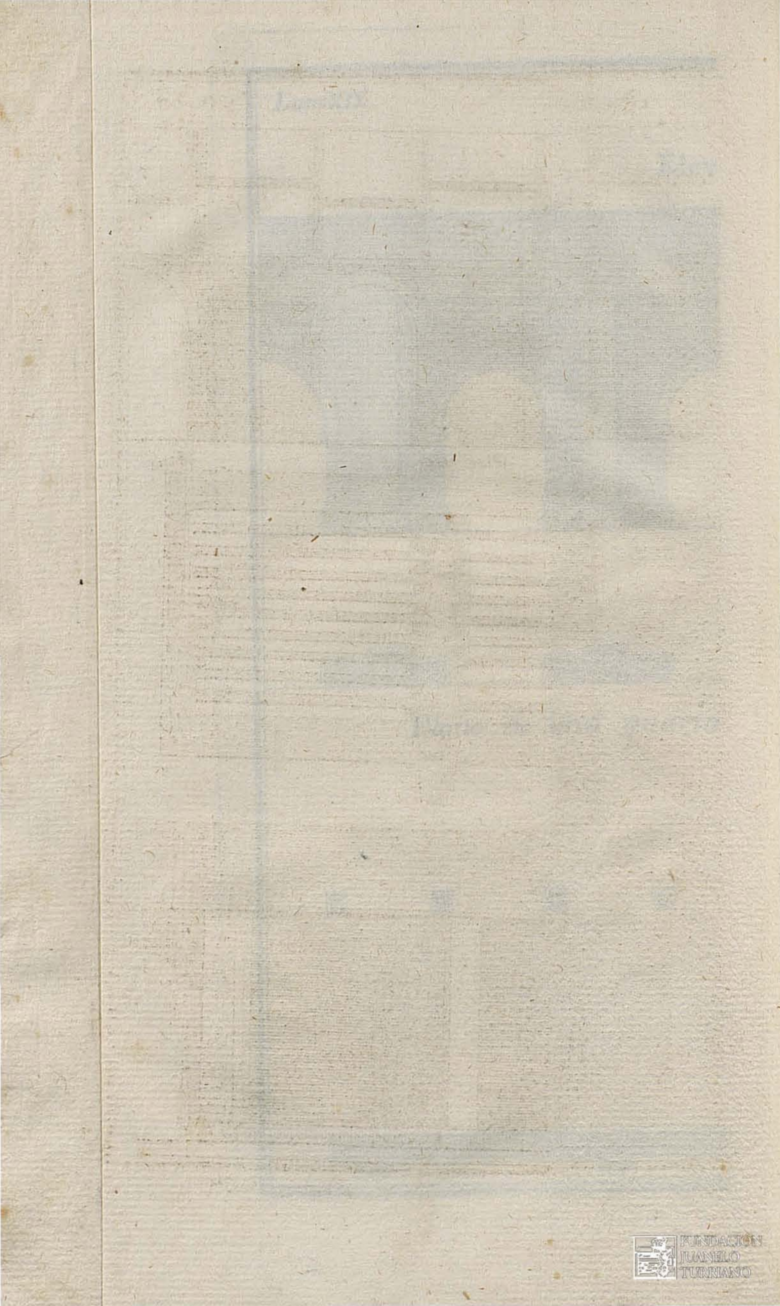
Lam. XIX.

Elevacion del P

Plano de una quarta parte del


del Frente. DE.
te del Arsenal de Artilleria de Woolwich. 1751.
10
20


n. 1751.
20
30
40
50
60 Pies.
Pauner sculp. Bne.



Perfil

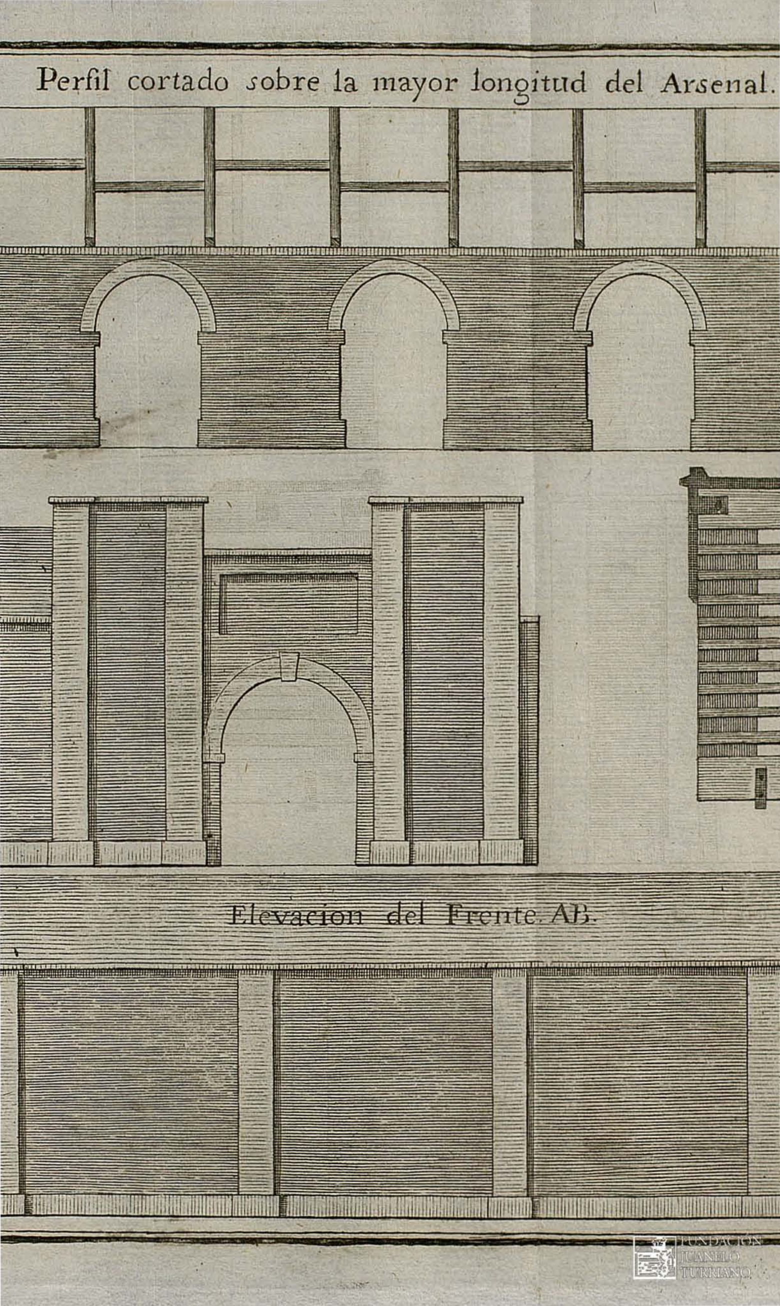
Lam. XX.

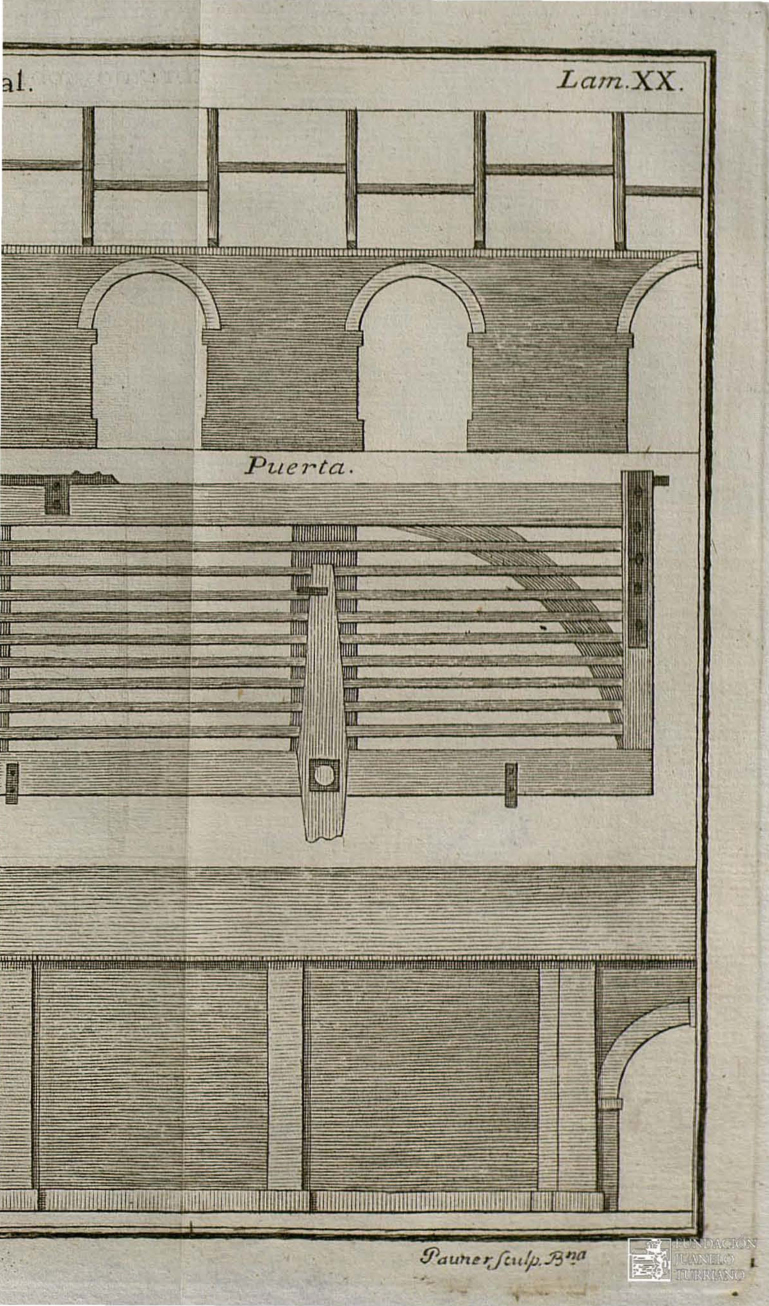
Puerta.

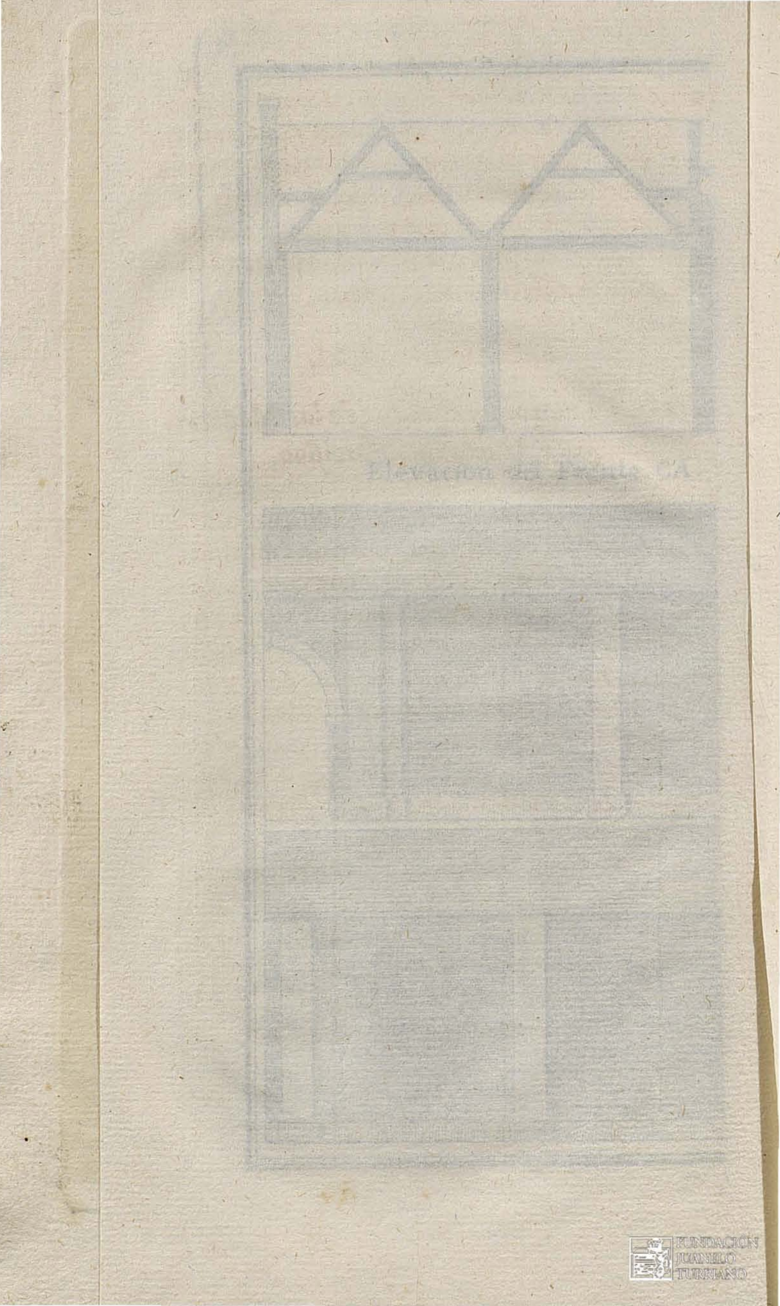
Pauner sculp. B.na




Perf
Elevacion del Frente. CA.


Perfil cortado sobre la mayor longitud del Arsenal.
Elevacion del Frente. AB.


al.
Lam.XX.
Puerta.
Pauner sculp. Bna



pisos, el inferior para los efectos muy pesados y embarazosos, y el superior para los mas ligeros y manejables. Su situacion, siempre debe ser inmediata al Muelle ò Puerto, à fin que las Embarcaciones se puedan acercar, y se eviten los transportes de los efectos que lleven pertenecientes al Arsenal.

SECCION XXI.

De la Trabazon, y Enlace de las Maderas, para Muros de Division.

EN la construccion de los Edificios ocurre muchas veces la necesidad de empalmar, y trabar las Maderas, disponiendo con ellas varios ensamblages muy utiles para fabricar à poco coste algunos Muros de Division: Y como las Reglas, que ordinariamente siguen los Carpinteros, estàn fundadas en su propria pràctica, y por lo mismo llenas de defectos, como se verà mas adelante, no serà impropio explicar aqui el mejor modo de enlazar, y sujetar con firmeza estos enmaderamientos.

Los cinco Diseños, que se representan en la Lamina 21. son diferentes entre sì, y sirven para varios destinos, segun las circunstancias de los Muros donde se apliquen. Los Diseños 1, 2, y 4, son de la invencion de *Mr. Smith*, y los otros dos de *Mr. Price*, que son *Lam.21.*

los unicos Autores que han eſcrito ſobre eſte
Fig. 1. aſunto. El enſamblage que demueſtra la Figura 1, es el que ordinariamente ſe practìca: pero ſus muchas Eſpigas y Cotanas, le hacen de poca reſiſtencia y duracion. Para remediar eſte defecto, ſerà mas conveniente, que en lugar de eſpigàr las Rioſtras A en los Pies derechos B, como aqui ſe repreſenta, ſe apoyen ſolo contra unas pequeñas mortajas de media pulgada de fondo, donde ſe clavan al miſmo tiempo con pernos de hierro; pues de eſta forma ſe conſigue el proprio ſervicio, con las ventajas de no enflaquecer las Maderas, y poderlas labrar en menos tiempo. Tampoco es neceſario eſpigàr en las Soleras D, ni en las Rioſtras A, las barras ò atraveſaños C; por que no debiendo ſoſtener mas que el aforro de madera, y el enlucido de hieſo que los cubre (reſpecto que el peſo de la Armadura, y Texado eſtriba ſobre los Pies derechos, y Tirantes), es trabajo inutil, que no dà mas robuſtez y conſume mucho tiempo.

Fig. 2. En la Figura 2. ſe manifieſta la diſpoſicion de un enſamblage de Madera, adequado para un Muro de Diviſion en Almacenes, Fabricas, ò Edificios en quienes algun grande peſo, como una Muela, Maquina, ò Ingenio, ha de eſtribar ſobre el Poſte principal ò Pie derecho E. Pero ſe ha de advertir, que ſi eſte enſamblage hubiere de ſoſtener grandes peſos en dos

pa-

parages diſtintos, ſerà preciſo invertir ſu poſicion, de tal modo que los peſos deſcanſen ſobre los Pies derechos A, A; por que en el primer caſo, las Tornapuntas que apoyan al Pie derecho E, aumentan mucho ſu reſiſtencia; y en el ſegundo ganan eſta ventaja los Pies derechos A, A, con las Tornapuntas que los fortalece. No obſtante, en donde el peſo ſe haya de diſtribuir con igualdad ſobre la Plancha ò Solera ſuperior, no hay neceſidad de apoyar con Tornapuntas los Pies derechos, reſpecto de que con el miſmo peſo quedaràn bien entallados y ſujetos. En eſta diſpoſicion de enſamblage, ſe advierte luego que ſe vè, lo mucho que ſe debilitan los Pies derechos; pues es neceſario adelgazarlos conſiderablemente, para que los extremos de las Tornapuntas ſe eſpiguen, y apoyen de quadrado contra los cortes de Cartabon, que ſe manifieſtàn en A, E, A; y por lo miſmo debe reprobarſe eſte metodo, mayormente ſi ſe conſidera que deſpues del conſumo inutil de madera y tiempo, no ſirve eſte maderamen à otro fin que el del primer Diſeño, que es de mayor robuſtez y mas barato.

Se propone el enſamblage que manifieſta la Figura 4, para que comprehenda la altura de dos piſos, ò habitaciones; la inferior de 15 pies, y la ſuperior de 14: ò bien para la Fachada exterior de una Caſa, ò Muros de *Fig. 4.*



una grande Sala. Pero deſtinandola para lo primero, ſe ha de notar, que ſi las Vigas deſcanſan ſobre la Solera intermedia, neceſariamente ha de fiarſe mucho peſo à las Eſpigas con que la miſma Solera eſtà empalmada à los Pies derechos extremos y al Poſte Real EE, reſpecto que las Tornapuntas ſolo apoyan las partes inmediatas à los Pilares F, que no lo neceſitan; y por conſiguiente ſe deben poner al contrario las proprias Tornapuntas, para que alivien los extremos de la Solera intermedia, que es lo que ha de fortalecerſe con mas cuydado, por ſer la parte mas debil. De eſta forma ſe logrerà, que el maderamen reſulte bien enlazado, y diſtribuida con igualdad ſu reſiſtencia.

La diſpoſicion y labor del Poſte Real EE ſe debe reprobar, por la miſma razon que en el ſegundo Diſeño, pues ſe inutiliza ſin provecho mucha madera. Mas acertado ſerìa dàr à eſta claſe de Pies derechos alguna mas robuſtez de la que tienen en el medio, y abrirles unas pequeñas mortajas ſeſgadas, para recibir los extremos de las Tornapuntas; con lo qual ſe lograrìan las ventajas de hacer mas firme, y menos coſtoſo el enmaderamiento.

Fig. 3. En la Figura 3. ſe manifieſta otra eſpecie de enſamblage, que propone *Mr. Price* para un Muro que divide dos Eſtancias, y en el qual ſe quieren dos Puertas àcia los extremos, como A, A. Para eſte efecto, coloca en el medio un Poſte

Real



Real, y entre este y las Puertas, aplica un Pie derecho de cada parte. La Solera intermedia, que hace oficio de Riostra, està empalmada à media madera, no solo con los Pies derechos, sino tambien con el Poste Real, cuya pràctica enflaquece mucho à las Maderas. Además, si la altura del ensamblage hubiere de ser la de un piso solamente, no hay necesidad de la Riostra: pero su puesto que se le quiera añadir, serà mejor espigarla ligeramente en el Poste Real, apoyandola al mismo tiempo con Tornapuntas, colocadas en contraria posicion de la que tienen en este Diseño; pues de este modo no se debilitarà el Poste Real, y se conseguirà mayor firmeza y robustez en el ensamblage. Es verdad, que la pràctica comun autoriza el enpalme à medias maderas; pero jamàs se debe hacer sin mucha necesidad, procurando evitarlo siempre en las Tornapuntas y Riostras.

El mismo Autor propone el enmaderamiento que representa la Figura 5, para un Muro que ha de comprehender tres Puertas, una à cada extremo, y otra en el medio; en el qual se vè, que la Solera intermedia ò Riostra està empalmada tambien con los dos Postes Reales, y por consiguiente, que este Diseño padece los proprios vicios que el anterior, tanto en la Riostra, como en los Pies derechos: y como las Tornapuntas no pueden tener aqui otra utilidad, *Fig. 5.*

dad,

dad, que la de hacer mas cortas las barras ò atravesaños, se sigue, ò que no hay necesidad de espigàr estas, ò que se pueden escusar aquellas.

Quiere *Mr. Price*, que en todos los ensamblages para Muros de Division, se aten los Postes Reales à la Solera inferior con buenas abrazaderas de hierro, segun se demuestra en F: pero respecto que la misma trabazon y enpalmes de las Maderas, las une y asegura con firmeza, parece que es inutil el gasto de las abrazaderas, que no conducen à provecho alguno.

Muchos son los Diseños, que han dado estos Autores, para enlazar las Maderas de los Muros de Division, segun las varias aplicaciones que à estos se les dè; pero todo el Arte consiste, en disponer de tal modo los enpalmes y trabazon, que resulte el ensamblage igualmente firme y robusto en todas sus partes; atendiendo asimismo à no emplear mas tiempo, ni madera, que la que sea necesaria para sacar una Obra solida, y con el menor gasto que sea posible. Estas dos utilidades, no es facil conseguirlas sin un regular conocimiento de las Reglas que se deducen de los principios de la Mechânica, y de una pràctica razonable; cuyas dos circunstancias rara vez se encuentran en un mismo sujeto, y por eso ha recibido tan poco adelantamiento el Arte de la construccion.

SEC-

SECCION XXII.

De los Suelos, y Techos.

ANtes de aſentar las Vigas que han de ſoſtener un Suelo, importa formar el Plano exâcto del Edificio, à fin de poder hacer concepto de la ſituacion mas ventajoſa que debe darſe à las Vigas maeſtras; cuyo exâmen, y determinacion ſe ha de diſponer antes de elevar los Muros haſta la altura en que las han de recibir, para que no ſolo à los Dinteles que ſe ponen ſobre las Puertas y Ventanas, ſino tambien à las Planchas ò Soleras, que ſe tienden por la longitud del Muro para recibir las cabezas de las miſmas Vigas, ſe les pueda dar la ſituacion mas conveniente. Si los Maderos que ſirven de Soleras, ſe enpalman bien unos con otros, diſtribuiràn con igualdad ſobre el Muro todo el peſo del Suelo. Eſta pràctica contribuye mucho à la firmeza, y buena union del Edificio, por que las Soleras le ligan, y ſujetan en gran manera, y por lo proprio ſe llaman *Maderas de Ligadura*, ò *Cadenas.* Pero à fin de evitar equivocaciones, es neceſario advertir, que las Ligaduras ò Cadenas, propriamente ſon los Maderos que ſe tienden por toda la longitud de los Muros en quienes no eſtriban los extremos de las Vigas, como ſuce-

de

de en los Testeros de las Piezas, y en los Muros de Division, en los quales se ponen estas Cadenas à cada 6, ò 7 pies de altura, enpalmandolas à cola de golondrina en los angulos exteriores del Edificio, segun se manifiesta en la Figura 2, ò como se demuestra en las Figuras 3, y 4 para los Muros de Division. Por este medio se consigue que el todo quede tan enlazado y firme, que aun siendo debil el Terreno en que se haya fundado el Edificio, su propria trabazon le obligarà à que se asiente por igual, sin abrir grietas, ni roturas.

Lam. 22 *Fig.* 2, 3, y 4.

De todos los generos de enpalmes que se acostumbran, el que se llama à cola de golondrina (Fig. 4.) es el mejor; por que trabando y sujetando las Maderas con la mayor seguridad, tiene la excelencia de ser muy simple, y de facil construccion.

Las Vigas de un Edificio se deben colocar àcia una misma parte, à fin de que toda la Tablazon de los pisos resulte al hilo; pues si las juntas de las Tablas de una Estancia, no tienen la misma direccion que las de otra contigua, producirà la union muy mala vista.

Determinada la situacion mas ventatajosa, que se ha de dàr à las Vigas maestras (la qual se procura, que siempre sea sobre la menor anchura del Edificio), serà facil saber sus dimensiones y numero, suponiendo que la distancia de una à otra inmediate nunca debe exce-

F

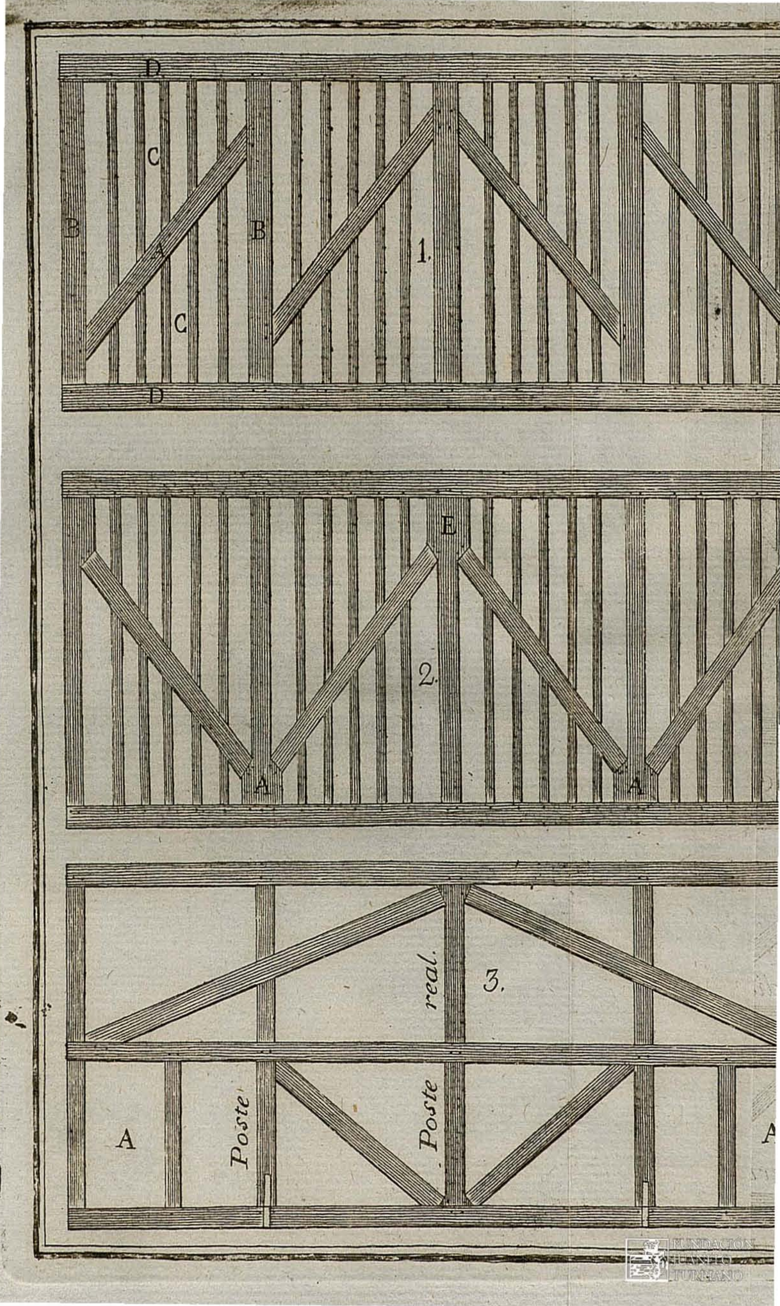
A rior.

Lam. XXI.

a.

or. F

Pauner sculp B.ne


D
C
B
A
B
C
1.
D
E
2.
A
A
real.
3.
Poste
Poste
A
A



E
B
Plancha ò sol
Varios Ensamblages ò Entramados para Muros de division.
Ligadura.
Solera
Solera
A
F

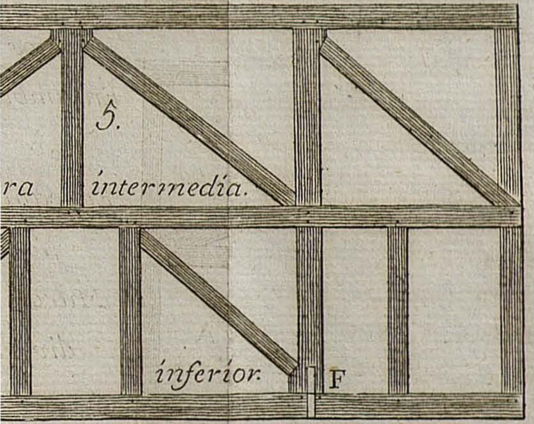
E

4

F

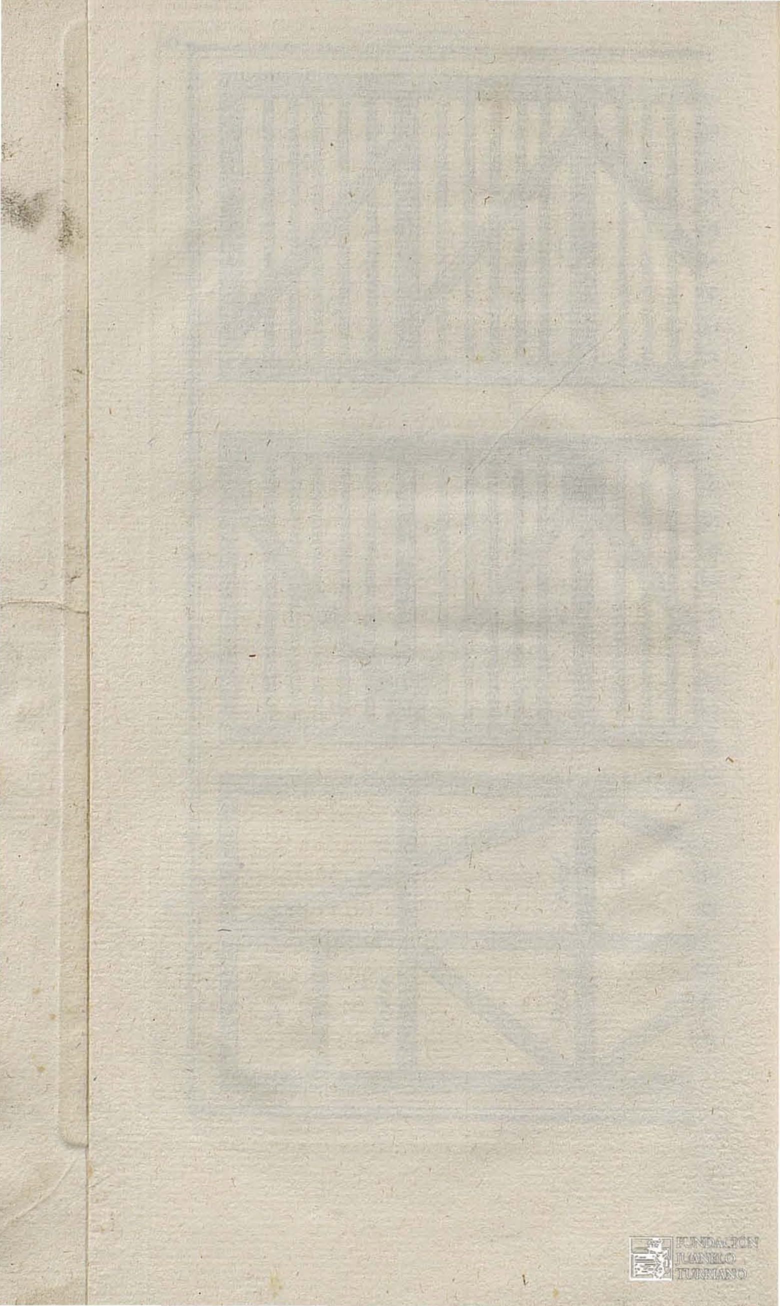
E

ò solera superior.



Lam. XXI.

Palmer Sculp.



ceder de 14 pies, reſpecto que la mayor longitud de las Vigas ordinarias tampoco debe paſar de los miſmos 14 pies. Las cabezas de las Vigas maeſtras han de entrar en los Muros 14 pulgadas à lo menos quando el Edificio es grande, y 10 ſi fuere pequeño.

No teniendo la Madera mayor enemigo que la Cal, importa aſentar las cabezas de las Vigas, los Dinteles, Planchas, &c. ſobre Greda, ò Arcilla: pero el Pino aun ſe conſerva mejor, quando ſe cubre con un derretido de quatro partes de Pez, y una de Sebo.

Reſpecto, que en la Seccion III. de la Parte primera ſe ha explicado el modo de determinar los grueſos de las Maderas que ſe emplean en los Edificios, y que ſe han añadido varias Tablas de ſus dimenſiones, no hay neceſidad de detenernos mas ſobre eſte aſunto. Aſi, entendida la ſituacion, que conviene dàr à las Vigas maeſtras, paſarèmos à exponer la que correſponde à las Viguetas, Aſnillas ò Morillos, Puentes ò Vigas comunes, Alfargias, y Latas.

Las Viguetas ſon unos Maderos, ò Quartones que ſe enpalman ſobre la ſuperſicie ſuperior de las Vigas maeſtras, y que ordinariamente ſe hacen de menor altura que las proprias Maeſtras; por lo qual la ſuperficie inferior de eſtas, queda mas baxa que el Cielo Raſo que ſe aplica à las Viguetas. Eſta pràctica produce en los Techos muy mala viſta; y para

remediarla ſin mucho coſte, ſe procura que cada tercera ò quarta Vigueta tenga la propria altura que las Maeſtras, y ſe clavan contra ellas los Liſtones, ò Cañizos que deben recibir el Cielo Raſo, lograndoſe por eſte medio el que las Vigas queden ocultas, y el Techo parezca mas hermoſo.

Las Aſnillas, Morillos ò Cabezales, ſon los Maderos que ſe empalman de traves en dos Viguetas, y ſe deſtinan para recibir las cabezas ò extremos de otras Viguetas intermedias, que ſe cortan de menor longitud que las demàs, para que dexen el hueco correſpondiente
Lam.22. al Cañon de una Chimenea, ò la abertura de
Fig. 1. una Eſcalera, como ſe repreſentan en la Figura 1. por la letra *a.* Reſpecto que eſtos Cabezales ſe debilitan mucho en ſus enpalmes con las Viguetas, y que por otra parte deben reſiſtir mas peſo que las miſmas Viguetas; es neceſario darles mayor robuſtez, para que el enmaderamiento reſulte firme con igualdad en todo el Suelo.

Las Puentes, ò Vigas comunes ſirven para aſentar de traves ſobre ellas las Alfargias, que reciben la Tablazon del piſo, ò bien en quienes ſe enpalman las Latas para el miſmo fin. Eſtas Puentes ſe eſpigan en las Maeſtras, de tal forma, que por la ſuperficie inferior queden al tope con ellas, pero 3, ò 4 pulgadas mas baxas por la ſuperficie ſuperior, para

dàr

dàr lugar à que las Alfargias llenen el hueco, y que las Tablas puedan ajuſtarſe ſobre unas y otras. En caſo de ſervirſe de Latas en lugar de Alfargias, conviene que los Puentes tengan la propria altura que las Maeſtras, para que el Techo ſea viſtoſo, y la Tablazon ſe aſiente por igual. La diſtancia entre Puente y Puente, puede ſer deſde 3 haſta 12 pies, proporcionando con ſu longitud el grueſo que le correſponda, ſegun ſe ha explicado en la Parte primera de eſta Obra.

El corte de las Eſpigas ſe repreſenta en las Figuras 8, 9, y 10, como tambien las Cotanas en que deben encaxarſe, ſegun la idea de *Mr. Price*, cuya pràctica es la que ordinariamente ſiguen por mejor los Carpinteros. Pero los que tengan algun conocimiento de los principios de Mechânica, advertiràn facilmente, que ninguno de eſtos Diſeños ofrece ventaja para enlazar las Maderas, y que al contrario, enflaquecen mucho la reſiſtencia que deben tener las enſambladuras. *Fig.* 8, 9, y 10.

Para determinar el modo mas ventajoſo de cortar las Eſpigas, importa conſiderar, que apoyando un grande peſo en el medio de qualquier Madero, ſoſtenido por Eſpigas en ſus extremos, neceſariamente le ha de combar un poco àcia abaxo; y en eſta diſpoſicion es evidente, que el punto *x* (Fig. 8.) ſervirà de apoyo, ò de Hypomochlio, y por lo miſmo, quando

la Eſpiga eſtà ſituada en el medio, como ſucede en eſte caſo, la diſtancia deſde la linea de direccion de la fuerza que procura romper la Viga ò Madero, haſta el punto de apoyo *x*, es igual à la mitad de la altura *xv*: pero eſta diſtancia ſe aumenta ſiempre que la Eſpiga ſe coloque mas arriba de la mitad del grueſo del Madero: luego tambien ſe aumentarà ſu reſiſtencia proporcionalmente; y por conſeqüencia, quanto mas ſe acerque la Eſpiga à la ſuperficie ſuperior, tanto mayor ſerà ſu fuerza y reſiſtencia. Pero como la Eſcopleadura, no ſe puede hacer muy alta, por razon de que la Eſpiga la deſtruirìa con facilidad, ſerà lo mas acertado dividir la altura *xr* en quatro partes iguales, de las quales ſe tomarà una para el grueſo de la Eſpiga, dexando dos en la parte inferior de ella, y una en la ſuperior.

Se ha de advertir, que todas las Vigas, ò Puentes, deben tener el doble eſpeſor que las Viguetas, no ſolo por que han de ſufrir mayor peſo, ſino tambien por lo mucho que ſe debilitan con las mortajas, y Eſcopleaduras que ſe les abre.

Fig. 1. y 5. En la Figura 1. ſe repreſentan las Alfargias *f*, *f*, *f*, ſituadas ſobre las Vigas comunes *d*, y ſu Perfil *ee* ſe vè en la Figura 6, donde *n*, *n*, manifieſta el de las Vigas, que las reciben, y *g*, *g* el de las Latas, con el modo de enpalmarlas en las Puentes. La Figura 5. es un Perfil, que demueſ-

muestrà el modo de espigàr en las Vigas *b*, *b*, (de mayor altura que las intermedias *a*, *a*, *a*) los Listones *c* que reciben los Cielos Rasos, segun se dixo antecedentemente.

La distancia entre las Alfargias, y Latas, no debe exceder de 12 pulgadas, incluyendo la latitud de una; y sus respectivos gruesos se proporcionan con su longitud. En la Figura 7. se indican las Cotanas, que se abren en las Vigas, maestras y en las comunes, para enpalmar los extremos de estas, ò de las Latas: *n* representa una Escopleadura simple, y *r*, *s* dos Escopleaduras à doble mortajas, con rebaxo, y sin èl. *Fig. 7.*

Estos son los varios modos con que en este Paìs de *Inglaterra* se traban, y enlazan las Maderas, que sirviendo de Techo en una Pieza, reciben el suelo ò pavimento de otra. Pasémos ahora à manifestar el modo de disponer los mismos Suelos.

La hermosura de estos depende de la bondad de las Tablas, y del modo de trabajarlas. Para lo primero se deben escoger sin nudos, de buena fibra, sazonadas, y de color agradable; y para lo segundo importa, que los Carpinteros las desbasten algun tiempo antes de emplearlas, labrandolas despues en limpio con mucho primor y rectitud, para que las juntas queden bien unidas, y no se estallen, ni abran grietas. Como no es facil encontrar un compe-

petente numero de Tablas de las circunſtancias explicadas para todos los Suelos de un Edificio, conviene apartar las de mejor calidad para las Piezas principales, deſtinando las demàs para los Quartos, y Oficinas de menos lucimiento. La experiencia ha manifeſtado ſiempre, que ſi deſpues de haber labrado las Tablas, y ajuſtadolas para ſu deſtino, ſe vuelven à recorrer ſus cantos paſado algun tiempo, ſe alabearàn y eſtallaràn de nuevo; y por lo miſmo conviene no retocarlas, ni trabajarlas en limpio ſino la primera vez: Pero ſerìa muy util aſentarlas ſobre las Vigas un año antes de clavarlas; por que de eſta forma ſe enjugarìan, y amoldarìan al proprio tiempo, y las juntas podrìan quedar perfectamente unidas.

La mejor Madera que ſe emplea en eſte Paìs para entablar los pavimentos, es la de Pino bien ſazonado, y de color amarillo algo claro, por que ſe conſerva mucho tiempo ſin alterar ſus calidades; en lugar, que el de color blanco ſe obſcurece, y ſe mancha con la repeticion de lavarlo y fregarlo à menudo, y produce muy mala viſta. Para las Solerìas de los Edificios de conſeqüencia, ſe deſprecia y ſe ſepara de los Arboles toda la madera, que eſtà àcia la corteza, y ſolo ſe ſacan las Tablas de la que forma el corazon de los Pinos: Pero en los Edificios ordinarios, y en los que ſe labran por aſiento, no ſolo ſe de-

ſa-

ſatiende eſta precaucion, ſino que rara vez ſe emplea madera enxuta; lo qual es cauſa de la corta duracion de las Obras.

Ordinariamente ſe aſientan las Tablas al tope unas con otras por ſus cantos; pero ſi no eſtàn bien ſecas, ſe deſunen facilmente, y por las aberturas que dexan, ſe introduce el agua al tiempo de lavar los Suelos, en perjuìcio del Techo, ò Cielo Raſo inferior, que todo ſe mancha y ſe desluce. Para evitar eſte inconveniente, ſe ſuelen traslapar las Tablas de los piſos de mayor primor; y algunas veces ſe unen y ſujetan con grapas, que ſe hacen de madera mas fuerte y ſolida, embutiendo cada mitad en ſu correſpondiente caxa abierta en la Tabla. Pero en las Piezas, ò Quartos de mayor atencion, ſe engargolan las Tablas por ſus cantos, eſto es, ſe abre una Canal por todo el canto de un lado, y por el otro ſe dexa ſu competente reſalte, ò eſpiga corrida; y en eſta forma ſe enpalman unas contra otras, lograndoſe la mejor union que ſe puede apetecer. En eſte caſo ſe aſienta la primera Tabla con ſu Caxa ò Canal, y ſe clava el labio inferior contra las Vigas, ò Alfargias: deſpues ſe introduce en la Canal el reſalte de otra Tabla, que igualmente ſe clava por el labio inferior de la Caxa que tiene en el canto, ò grueſo opueſto; y ſe continua de eſte modo haſta concluìr el pavimento, el qual reſulta con la ven-

ta-

taja de no deſcubrir la clavazon; y por lo miſmo eſtà libre de mancharſe con el moho, que la humedad ocaſiona en las cabezas de los clavos, los quales producen entonces muy mala viſta.

El modo de medir los Suelos, es por Quadrados de 10 pies de lado: Aſi, tomando la longitud, y anchura de la Eſtancia, en pies, y multiplicando un numero por otro, ſe tendrà un producto, de quien ſeparando las dos cifras de la derecha como decimales, expreſaràn las demàs los Quadrados que ſe contienen en el Suelo: De manera, que ſi eſte tubiere 18 pies de largo, y 16 de ancho, ſerà igual à 288 pies quadrados, ò bien 2.88 quadrados de 10 pies de lado, ò 100 de Area: y por conſiguiente, ſabiendo el precio de uno de eſtos Quadrados, ſe tendrà el importe de todo el piſo.

Antiguamente ſe hacian los Suelos con Tablazon de Encina; pero ya no eſtà en uſo eſta pràctica, y ſolo ſuele ſervir para algun Gabinete, ù otra Pieza de guſto y primor, donde ſe quiere un pavimento compueſto de tableros y lazos, como ſe labran las Puertas, y ſe luſtran con Cera; cuyo pulimento los preſerva de humedad, y los hace parecer muy bien. Sin embargo, como eſte genero de pavimentos, ſobre ſer muy coſtoſos, tienen la incomodidad de resbalarſe los pies en ellos quando no ſe camina con cuydado, es muy rara la ocaſion en que ſe hacen. SEC-

SECCION XXIII.

De las Armaduras, y modo de cubrirlas.

PAra formar las Armaduras con que ſe cubren los Edificios, es neceſario diſponer con firmeza los enpalmes de las ultimas Soleras, que encadenan y ſujetan à los Muros, fortificando ſus angulos, con Quadrales, y Aguilones, del modo que ſe repreſenta en la Figura 2. *Lam.22. Fig. 2.* Deſpues ſe ha de exâminar la diſtancia mas conveniente que deben tener los Tirantes entre sì; para cuyo efecto ſe han de tener preſentes eſtas condiciones: 1. No colocarlos ſobre los enpalmes de las Soleras: 2. Que la diſtancia de uno à otro no ſea muy grande, para que las Alfargias que hayan de recibir, y las Rioſtras de la Armadura no reſulten de mucha longitud, y graven demaſiado con ſu peſo al Edificio; y por lo miſmo nunca ſe han de apartar mas de 10 pies: 3. Que en los Edificios de madera, ſe pongan ſobre los Poſtes Reales ò inmediatos à ellos, y en los de mampoſterìa ſobre los Muros ò Pilares.

Determinada la ſituacion, y longitud de los Tirantes, ſe han de enpalmar por ſus extremos ſobre las Soleras, abriendo en eſtas ſus correſdientes mortajas de dos pulgadas de profundidad, y en la forma que ſe repreſenta en la Fi- *Fig. 4.*

gura 4; para lo qual ſe les dà à las Eſpigas de los Tirantes todo el ancho de la madera en la cola, y ſolo un tercio en la gargante. Quando los Tirantes eſtàn empalmados, y clavados con las Soleras, ſe les pueden aplicar los Pares, y las Viguetas ò Alfargias que han de formar el Techo horizontal.

Antes de aplicar, y enlazar los principales Pares, es preciſo determinar ſu longitud, con arreglo à la altura que haya de tener la Armadura, cuyo Perfil depende de la materia con que ſe medite cubrirla. En *Inglaterra* ſe emplea para eſte fin, Plomo, Pizarra, ò Texa. Diſtinguenſe las Armaduras con varios nombres, ſegun la inclinacion de los Pares: Las mas comunes ſon, la de Fronton, la Ordinaria, y la Gotica.

Se dice Armadura de Fronton, quando la altura de ſu Perfil es los dos novenos de la longitud de los Tirantes; por que eſta es la proporcion que guardan entre sì la baſe, y la altura de los Frontones; y por lo comun ſe emplea en los Edificios que ſe han de cubrir con chapas, ù hojas de Plomo.

La Armadura ordinaria es aquella, cuyos Pares tienen de longitud los tres quartos de la anchura del Edificio, y que la abraza toda en dos vertientes: pero aqui en *Inglaterra*, regularmente ſe divide en dos Armaduras iguales, ſiempre que ſe haya de cubrir con Texa.

Ul-



Ultimamente, se llama Armadura Gotica en quien la longitud de los Pares es igual à la de los Tirantes, ò bien aquella cuyo Perfil es un Triangulo equilatero, y es propria para cubrirla con Pizarra.

Algunos Architectos dividen la anchura del Edificio en siete partes iguales, y de ellas dàn quatro à la longitud de los Pares, resultando casi de dos la altura desde el Caballete al Tirante, y se puede cubrir con Texa, ò Plomo: Otros al contrario quieren, que las Armaduras que se hayan de cubrir con Plomo, tengan de altura la quarta parte de su anchura, esto es, algo mas de lo que se determinò antecedentemente para el mismo fin.

Muchos siguen tambien la idea, de que en las Armaduras que se han de cubrir con Texa, se les ha de dàr de altura los tres octavos de su anchura, ò bien que se determine describiendo Arcos desde la extremidad de un Tirante con los dos tercios de su longitud; y en uno y otro caso resulta la Armadura de mayor elevacion que la señalada antecedentemente. Por ultimo, otros son de opinion, que habiendose de servir de Texa para cubrir las Armaduras, debe hacerse el angulo del Caballete igual à 90°, ò bien que la anchura sea dupla de la altura: y estos mismos mantienen, que en las Armaduras que se han de cubrir con Pizarra, se les debe dàr de longitud à los Pares los cinco septimos de la de

los Tirantes; cuyas dimensiones, ò proporciones son bastante diferentes de las que se indicaron al principio.

Estas son las varias clases de Armaduras, que ordinariamente se emplean para cubrir los Edificios en este Pais: de donde resulta, que los Archîtectos no se han guiado por otra Regla, que la que les ha dictado su proprio gusto. Pero habiendo probado en mis *Elementos de Mathematica*, *art.* 566, que si la altura desde el Caballete hasta el Tirante, es de $\frac{6}{17}$ avos de la anchura del Edificio, ò bien de un tercio proxîmàmente, se tendrà la Armadura mas ventajosa y robusta, que puede hacerse en igual anchura, y con Maderos de un proprio grueso: luego si las dimensiones de los Maderos se proporcionan con el peso del Texado que hayan de sostener, es manifiesto que esta clase de Armadura puede usarse en todas ocasiones con mucha utilidad.

Aunque los Pares principales se hacen ordinariamente de un mismo espesor por toda su longitud; con todo, algunos son de opinion, de que si en la patilla se les dà el mismo grueso de los Tirantes, y se disminuyen progresivamente, hasta reducirlos à los cinco sextos del proprio espesor en el copete, se lograrà que sean de mayor resistencia: lo qual no tiene genero de duda; por que en esta disposicion, sus Centros de gravedad se acercan

mas



mas al punto de apoyo, y por lo miſmo es digno de ſeguirſe eſte metodo, mayormente quando del proprio palo que ſe cortan dos Pares comunes, ſe pueden aſerrar dos tambien de la propueſta eſpecie.

Los Poſtes Reales han de tener el proprio grueſo que los Pares principales, aſi para que los reciban de lleno, como por que en ellos ſe puedan enpalmar las Tornapuntas, que ſe les aplican para ſoſtener los miſmos Pares. Algunos quieren, que eſtas Tornapuntas ſe diſminuyan àcia la parte ſuperior, como los Pares: pero eſto ſerìa adelantar la prolixidad haſta donde no es neceſaria. Las Rioſtras, los Xabalcones, y las Tornapuntas, ſe deben colocar algo mas arriba de la mitad de los principales Pares, ſiempre que eſtos tengan mayor grueſo en la parte inferior que no en la ſuperior, à fin de proporcionar con el peſo del Texado y del Maderage la reſiſtencia de la Armadura.

El grueſo de las Rioſtras, depende del que tengan los Pares en los parages donde ſe les enpalmen; y ordinariamente ſe hacen de modo que los lados de ſu Perfil ſean como 4 à 3, eſto es, que ſi la anchura hubiere de ſer de 8 pulgadas, le correſponderàn 6 de altura. Eſta es la pràctica que ſiguen los Carpinteros; pero lo mas ſeguro es arreglarſe à lo que determine la Theorìa, que ſe ha explicado en la Seccion III. de la Parte primera.

Sin

Sin embargo de que las Rioſtras ſe enpalman por lo comun en los Pares, ſeria mucho mejor clavarlas contra los Xabalcones; pues de eſta forma, no ſolo ſe evitaria el enflaquecer los Pares con las Cotanas, ſino tambien el que ſe fie la reſiſtencia de las Rioſtras à la de ſus Eſpigas: A que ſe agrega, que empalmando las Rioſtras en los Pares, es meneſter ſujetar la longitud de aquellas à la diſtancia de eſtas; en lugar que clavandolas en los Xabalcones, ſe pueden hacer de toda la longitud que permita la Madera que ſe tenga.

Lam. 23. *Fig.* 1. El eſpeſor de los Pares pequeños ſe proporciona con ſu longitud, la qual nunca debe exceder de 8 pies en las Armaduras que ſe ſujetan con Rioſtras. Quando los Pares principales ſon demaſiado largos, conviene trabarlos con dos Rioſtras, del modo que ſe repreſenta en la Figura 1. por las letras A, A, donde ſe vè en Plano la trabazon, y enlace de las Maderas que componen una Armadura; pero la pràctica de enpalmar las Rioſtras en linea recta unas contra otras, es perjudicial à la reſiſtencia que deben tener los Pares; por que ſe debilitan mucho con las Eſcopleaduras que ſe les hace de uno y otro lado, y por lo miſmo ſe deben enpalmar las Rioſtras, ſegun ſe manifieſta por las letras F, F.

Repreſenta eſte Diſeño el modo de diſtribuir y determinar, ſobre el Plano de una Ar-



Armadura, el numero de los Pares principales y pequeños, como tambien el de las Pendolas principales y pequeñas, con las Limas donde ſe terminan. Los Pares principales ſe manifieſtan por la letra D, y cada dos opueſtos ſe enpalman en el Caballete, en la forma que ſe vè en G: Los Pares pequeños *f*, ſe aplican entre los principales, y ſu longitud depende de las diſtancias que determinan las Rioſtras A, A, ò bien B, entre el Caballete, y la Solera. Las Limas ſon unos Maderos, como C, que ſirven para formar las Ariſtas de un Texado, y contra quien ſe clavan las Pendolas de dos vertientes. Eſtas Pendolas no ſon otra coſa que los Pares que no alcanzan al Caballete, con motivo del encuentro de los Planos que forman la Armadura: Entre las Pendolas, las mas robuſtas, y que deſde la Solera llegan haſta la Lima, ſe llaman principales, como E, y todas las demàs que ſe terminan por las Rioſtras F, ò que ſon mas endebles, ſe dicen pequeñas. Las Rioſtras que encadenan los Pares principales, ſe repreſentan por las letras A, B, F. Los demàs Maderos de una Armadura, no ſe pueden ver en el Plano, pero ſe manifieſtan en el Perfil ſiguiente.

En la Figura 2, ſe demueſtra el Perfil de una grande Armadura, con ſu Poſte Real, y dos Tornapuntas, que ſoſtienen los Pares principales; pero en eſte caſo es neceſario, que el *Fig. 2.*

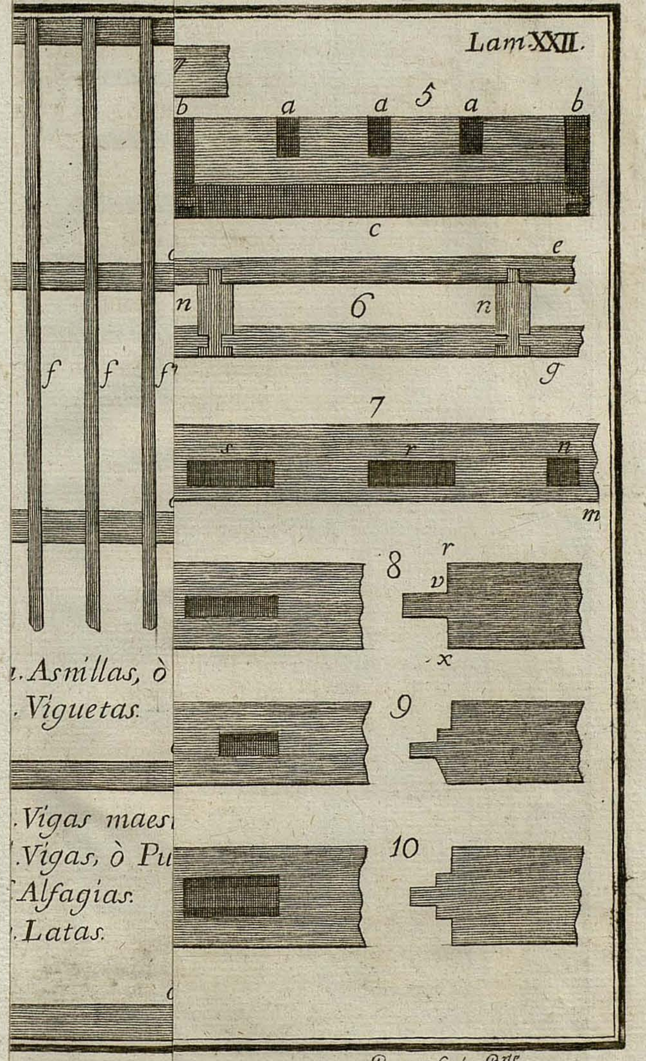
Ti-

Tirante ſe apoye en ſu mitad ſobre algun Muro de Diviſion, por que de otra ſuerte no podrìa reſiſtir al peſo de la Armadura, y Texado con que lo grava el Poſte en el parage mas debil.

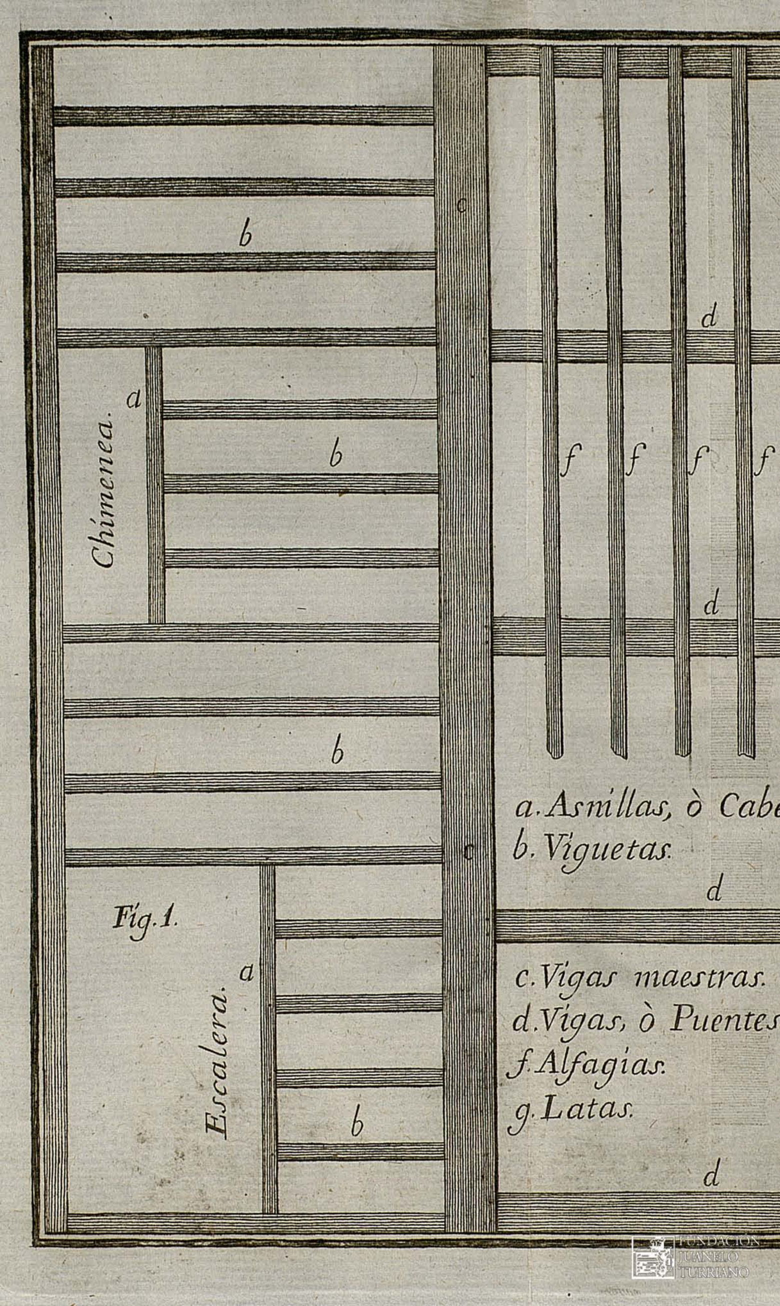
Fig. 3. La Figura 3. repreſenta el Perfil de una Armadura, propria para cubrirla con Texa Canal, y Redoblon: La longitud de los Pares es los dos tercios de la del Tirante, y reſulta en el medio un Deſvan habitable, como ſe manifieſta por la diſpoſicion del enmaderamiento. Eſta Armadura es de mucha robuſtez y fortaleza, y ſe puede aplicar à todo genero de Edificios, ſingularmente quando el Tirante ſe apoya en ſu medio ſobre algun Muro de Diviſion.

Fig. 4. En la Figura 4, ſe repreſenta otro Perfil de una Armadura, cuyos Pares tienen de longitud los cinco octavos de la de los Tirantes. Eſte enſamblage tambien es muy fuerte, pero aplicandole en Edificios pequeños, ſe puede omitir el Poſte Real con ſus dos Tornapuntas, ſin rezelo de que le hagan falta, pues las dos Manguetas, ò Pies derechos laterales con ſus Tornapuntas, ſeràn ſuficientes para ſoſtener los Pares.

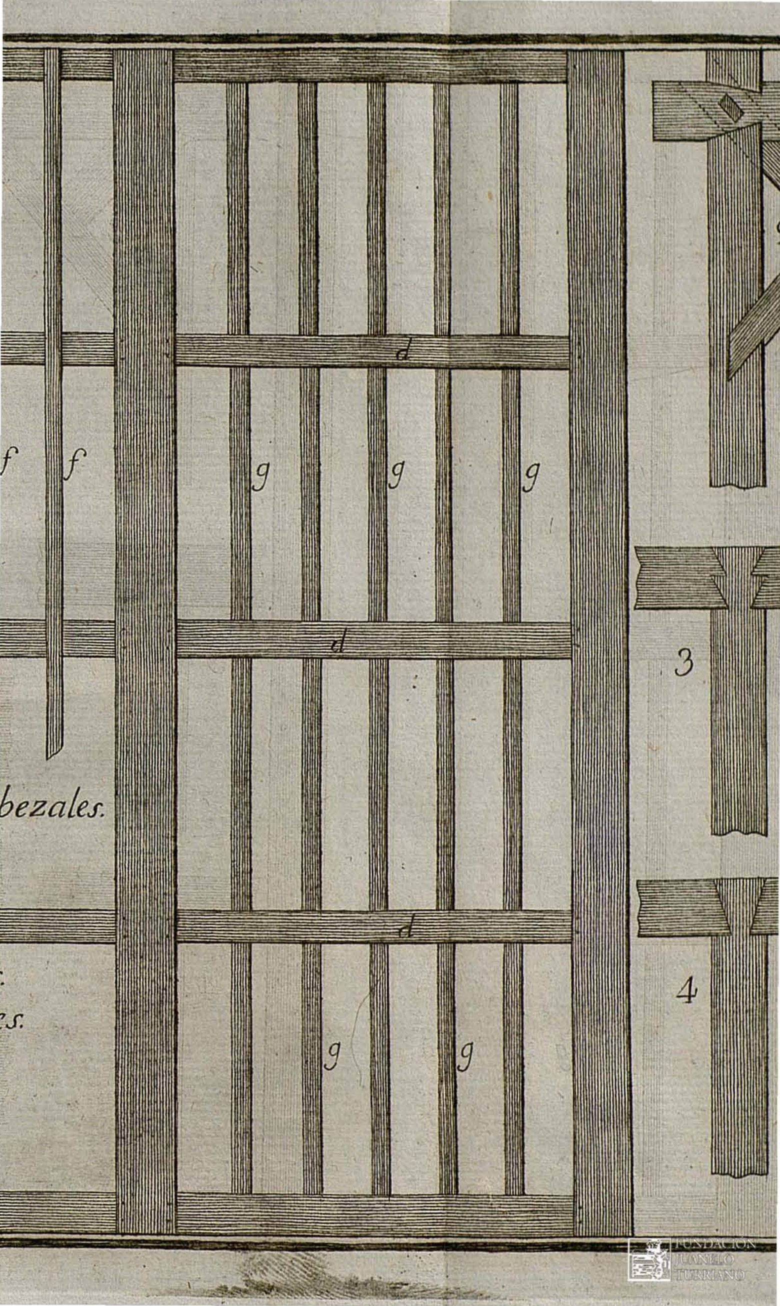
Fig. 5. El Perfil, que ſe demueſtra en la Figura 5, que es el de la Armadura de Fronton, ſe le corta el Caballete con dos vertientes pequeñas, que forman una Canal en el medio; por que no haciendolo aſi, ſerìa disforme eſta Arma-

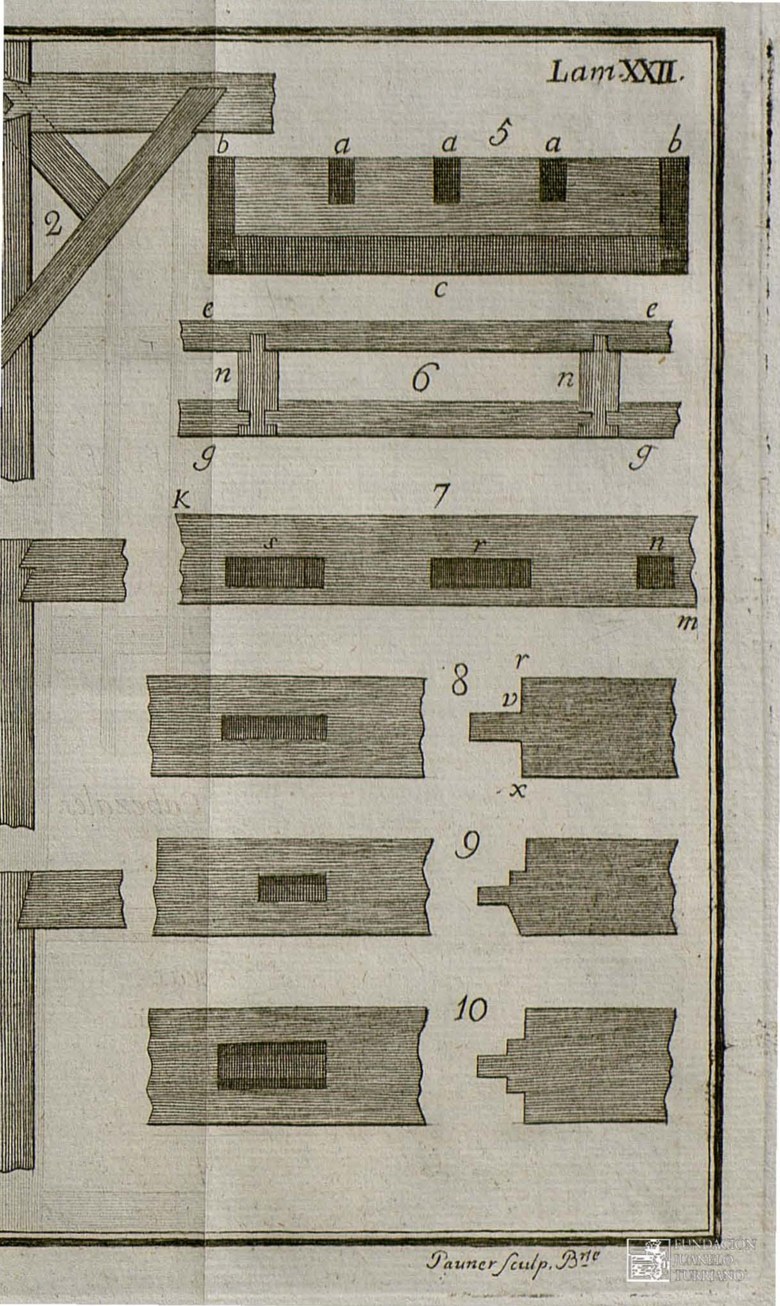


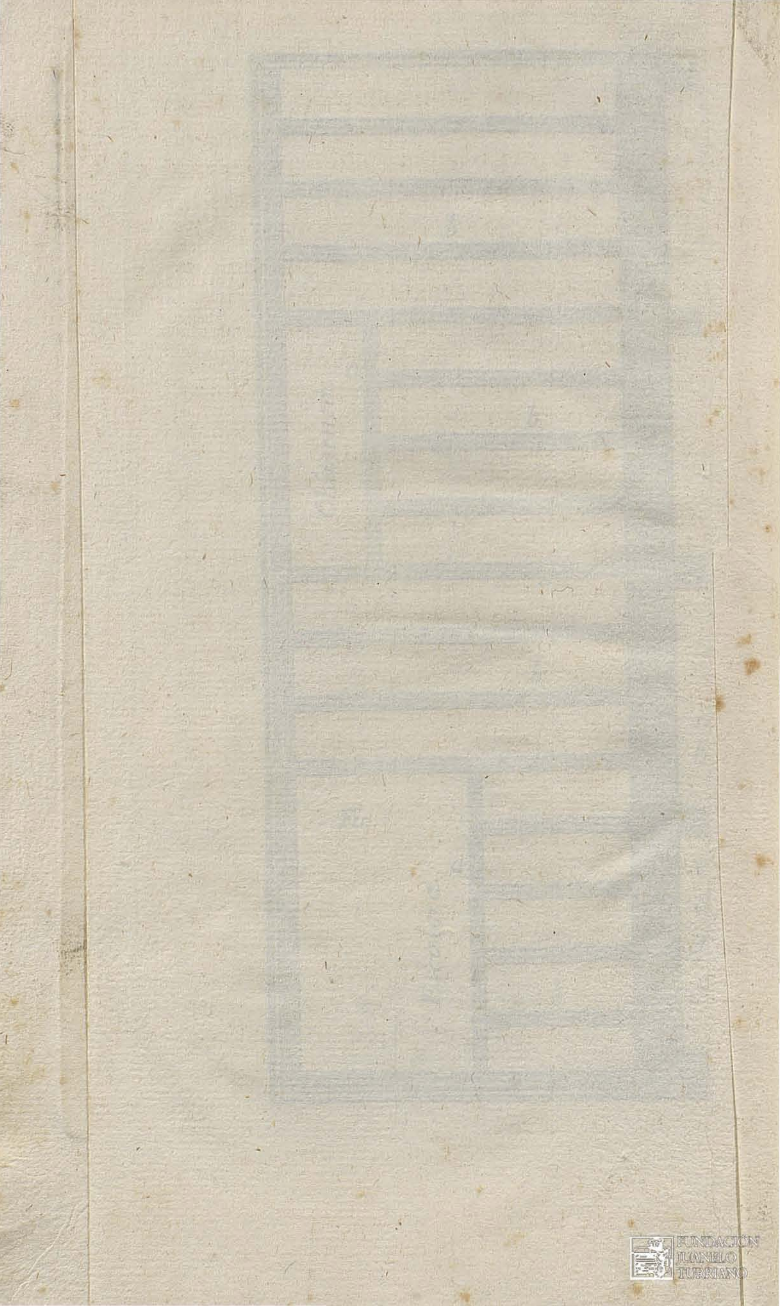
Pauner sculp. B.^{ne}



Chimenea.
Escalera.
Fig. 1.
a
b
c
d
f
a. Asnillas, ò Cabe
b. Viguetas.
c. Vigas maestras.
d. Vigas, ò Puentes
f. Alfagias.
g. Latas.


f
f
g
g
g
d
d
d
g
g
bezales.
3
4
es.


Lam.XXII.
5
b
a
a
a
b
c
e
e
n
6
n
g
g
K
7
s
r
n
m
8
r
v
x
9
10
2
Pauner sculp. Brte



madura, y ſolo podrìa aplicarſe para cubrir algun Pajar, ò Granero. Con eſta diſpoſicion reſultan ſobre un miſmo piſo dos ordenes de Deſvanes, que ſon comodos para habitarlos, y ſe comprehenden entre los dos entramados de los Tirantes y los Xabalcones, haciendo de Muros las dos filas laterales de Manguetas que ſoſtienen à los Pares, y la intermedia de los Poſtes Reales; pero eſtos, es neceſario que eſtriben ſobre el macizo de un Muro de diviſion, reſpecto que no podrìan los Tirantes reſiſtir el peſo del Texado ſin eſte auxîlio.

Se ha de advertir, que los Poſtes de las Figuras 2, 3, y 4, eſtàn reprobados, con motivo de los cortes de Cartabon que tienen en los extremos; pues en eſtos ſe inutiza mucha Madera y tiempo, del miſmo modo que ſe ha dicho antecedentemente, hablando de los enmaderamientos para Muros de Diviſion. Por lo proprio, ſerà mucho mejor hacer algo mas robuſtos eſtos Poſtes ò Pies derechos, à fin de poderles abrir en ſu macizo las correſpondientes mortajas ò eſcopleaduras para los empalmes, y ſe conſeguirà mucho ahorro de Madera; por que baſtarà cortarlas de mayor grueſo del que ſeñalan en el medio, y mucho menos del que tienen en ſus extremos. Tambien parece, que pueden eſcuſarſe las abrazaderas y ligaduras de hierro, que ſe repreſentan en eſtas Armaduras; pues eſtando el todo bien

empalmado y ajuſtado, no ſirven de mayor fortaleza, y añaden mucho gaſto.

La grande variedad de metodos, que ſe ſiguen en la conſtruccion de las Armaduras, no permite dàr Reglas para todos los caſos que pueden ofrecerſe: pero lo que ſe ha explicado en eſta Seccion, junto con la Theorìa que ſe ha dado en la Parte primera, ſobre la fuerza y reſiſtencia de las Maderas, ſerà ſuficiente para diſponer con ventaja todo genero de Armaduras ordinarias en las ocaſiones que ſe preſenten, y del modo mas robuſto, y menos coſtoſo, que es el principal objeto que he tenido en eſta Obra. Por lo que toca à las Armaduras llamadas à la *Manſarda*, como tambien las que ſirven para los Cimborìos, y Châpiteles, las hemos omitido, por que ſu conocimiento correſponde antes à un Archîtecto que no à un buen Ingeniero.

Pero antes de concluìr eſta Seccion, ſerà muy del caſo manifeſtar el modo de hallar la longitud, y poſicion que correſponde à las Limas C (Fig. 1.); para lo qual ſe ha de advertir, que en todas las Armaduras la diſtancia PQ, deſde uno de los angulos haſta el proxîmo Par principal, ſiempre es igual à la mitad de la anchura PS del Edificio. Eſto ſupueſto, y conocida la longitud de los Pares principales, ſumeſe el Quadrado de QR, con el de la diſtancia PQ $=\frac{1}{2}$ PS, y ſacando la Raìz quadrada

da del agregado, ſe tendrà la longitud de la Lima C: por que en el Triangulo Rectangulo PQR, ſe tiene $PR = \sqrt{\overline{PQ}^2 + \overline{QR}^2}$.

Determinada la longitud de la Lima, y conociendo la perpendicular que cae deſde el punto R haſta el Tirante, ſerà facil deſcubrir el angulo que ſe buſca, con la Regla y el Compas, ò bien por trigonometria, de eſte modo: La longitud de la Lima PR, es à la perpendicular baxada deſde el punto R haſta el Tirante, como el Radio, al ſeno del angulo de inclinacion que forma la Lima con el Plano de la Armadura.

Del modo de cubrir las Armaduras.

Son varias las materias con que ſe cubren las Armaduras, ſegun la calidad de los Edificios, temperamento de los Paìſes, y guſto, ò poſibles de los que coſtèan las Obras. En unas partes ſe ſirven de chapas de Cobre, hoja de Lata, ò Plomo: en otras, de Pizarras, ò Loſas de Marmol; y en caſi todas eſtà en pràctica el uſo de las Texas, por ſer el material mas comun, y mas barato. Lo principal à que ſe debe atender en todo genero de Edificios, conſiſte en diſponer de tal modo el material con que ſe cubran, que no puedan penetrarlo las aguas, para evitar la humedad en las habitaciones, y para que las Maderas de la Armadura perma-

nezcan ſin deſtruìrſe todo el tiempo que ſea poſible.

Para cubrir las Armaduras con Pizarra, Plomo, ù hoja de Lata, es neceſario aſegurar cada pieza clavandola contra las Maderas inferiores, pero de ſuerte, que los clavos queden cubiertos en los traslapos, para que ſe conſerven mejor, y no ſe introduzca el agua por los barrenos, ò agujeros por donde entraron los miſmos clavos.

La Texa es un material tan conocido, que no hay neceſidad de entretenerſe en explicar ſus circunſtancias, ni modo de fabricarla, y ſolo baſta decir, que ſu magnitud, y mas ò menes convexîdad, ſe proporciona con la eſpecie del Texado donde ſe ha de aplicar. Tambien es diverſa ſu colocacion: por que para los Edificios humildes, ſolo ſe aſientan las Canales ſobre la Ripia, aſegurandolas con algun Caſcote en los huecos, y cobijandolas con los Redoblones, ſin mezcla, ni barro que afirme unos y otros. Pero fuera de eſte caſo, importa aſentar las Canales ſobre una Tonga de Greda, ù otra materia que las ligue y ſujete, no ſirviendoſe nunca de mezcla de Cal para eſte fin, por que deſtruirìa en poco tiempo las Maderas. Deſpues de haber macizado los huecos entre los ordenes de Canales, ſe han de cubrir ſus juntas con Barro, ò Mortero, para aſentar la Texa cobija, ò redoblon; y el todo reſulta tan firme

que

que no ſolo ſe evita la filtracion de las aguas, ſino tambien el que ſe rompan las Texas quando ſe hayan de recorrer. Los Caballetes, y las Limas teſas, ò Ariſtas ſalientes del Texado, ſe deben ſiempre cubrir con Redobiones, aſentados y rebocados con buena mezcla de Cal y Arena, y lo miſmo ſe ha de entender de las Canales maeſtras, que ſirven para las Limas hoyas, ò Ariſtas entrantes del Texado. Quando eſte fuere muy pendiente, importa eſegurar cada una de las Canales con un clavo en el extremo ſuperior, cuydando de que ſe cubra bien con el traslapo de la Canal que ſe ſigue.

Algunos Edificios ſe ſuelen cubrir con Texa vidriada de varios colores: pero atendiendo al mucho coſto de eſtos Texados, es mas uſual hacerlos de Texa comun, aplicando la vidriada ſolamente en las Canales maeſtras, Caballetes, y Limas; lo qual es baſtante lucido, util, y barato.

Los Texados ſe miden como las Solerias por Quadrados de 10 pies de lado, y el numero de Texas neceſarias para llenar eſte Quadrado, depende de la magnitud de las miſmas Texas, con cuyo conocimiento ſerà facil en todas ocaſiones deſcubrir, ſobre poco mas ò menos, el coſte que producirà la fabrica de qualquier Texado.

Por

Por lo que toca à otras particularidades del adorno interior de los Edificios, como son los Cielos rasos, enlucidos, y alicatados de los Muros, con la pintura de unos y otros, nadie ignora su disposicion, y fabrica; pero se ha de advertir, que la pasta con que se hacen los Cielos rasos, y algunos enlucidos, se debe trabar con pelo de Baca ò Cabra, no solo para evitar que se abran Grietas, sino tambien para que se puedan bruñir mejor, y adquieran el lustre que se apetece en estas Obras.

SECCION XXIV.

De la construccion de los Pozos, y Cisternas.

,, EL asunto de esta Seccion, no se com-
,, prehende en el Original Inglès: pero
,, considerando que serà util su inteligencia,
,, se añade en la traduccion con arreglo à los
,, metodos que se siguen en este Paìs, y à lo
,, que explica *Mr. Belidor* en su *Science des In-*
,, *genieurs*, por ser de donde el Autor ha to-
,, mado mucha parte de las materias que com-
,, ponen esta Obra.

,, Una de las cosas que mas importa cons-
,, truìr en las Plazas fortificadas, es un compe-
,, tente numero de Pozos publicos, que abas-
,, tezcan de buen agua à todos sus Moradores,
,, sin-

,, ſingularmente quando no disfrutan el bene-
,, ficio de algun Rio, que paſe por lo interior
,, de las Fortificaciones. Y aun que la fabrica
,, de eſtos Pozos, ni la eleccion de los parages
,, mas ventajoſos de ſu colocacion, no ofrecen
,, mayor dificultad; ſin embargo, atendiendo
,, à que no ſiempre ſe encuentran Terrenos
,, baſtante firmes, para abrir comodamente
,, las Caxas, y que por lo regular ocurre ha-
,, berlos de hacer en Suelos Areniſcos, ò de
,, calidad tan inferior que obligan a grandes
,, y coſtoſas excavaciones; ſe explicarà la pràc-
,, tica, que en uno y otro caſo ſe obſerva en
,, eſta Capital, por ſer digna de ſeguirſe en to-
,, das partes.

,, Quando el Terreno es muy unido, y de
,, buena conſiſtencia, no ocurre particular
,, circunſtancia en la conſtruccion de los Po-
,, zos; pues ſe pueden profundar haſta ganar
,, la altura de agua viva que convenga, ſin te-
,, mor de que ſe arruìne la Caxa mientras ſe
,, hace la excavacion, y ſe trabajan los Muros.

,, Pero habiendolos de fabricar en Suelos
,, de Arena muerta ò movediza, recurren
,, en eſte Pais à un arbitrio, no menos ſimple,
,, que ingenioſo y util. Determinada la ca-
,, pacidad del Pozo, diſponen con arreglo à
,, ſu figura un Cerco ò Rueda de Tablones
,, grueſos, que en Caſtilla vulgarmente llaman
,, *Marrano*: Contra eſte Cerco, y por la parte

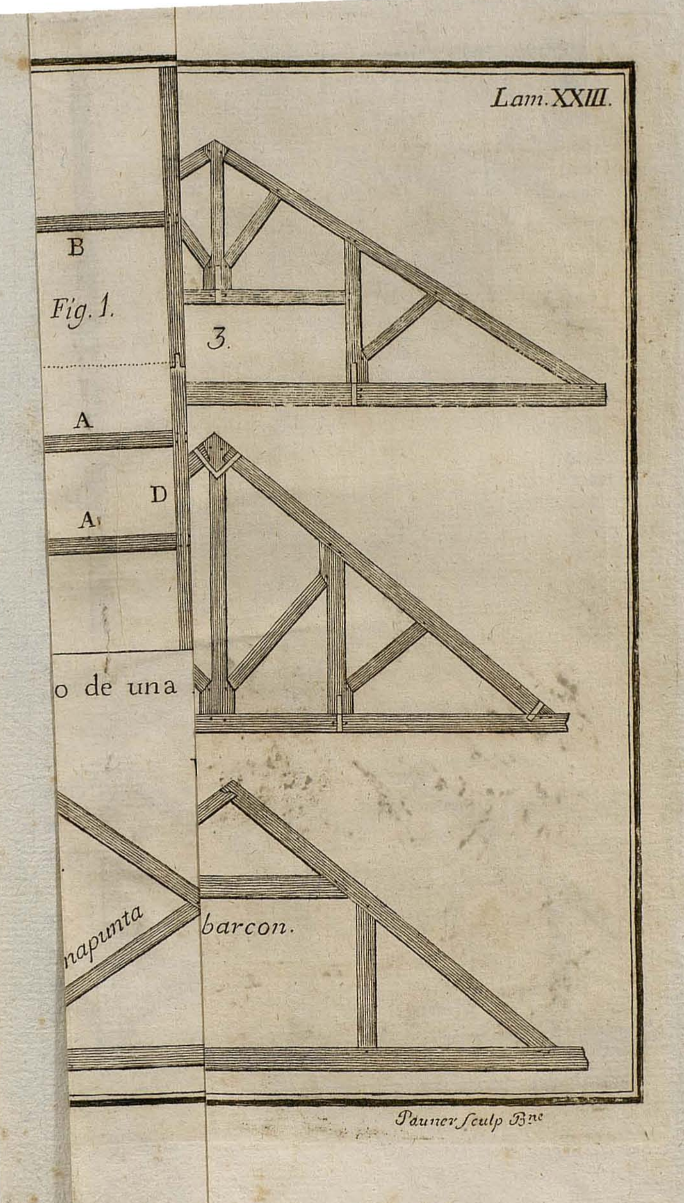
,, ex-

„ exterior, clavan unas Tablas delgadas, como
„ de tres varas de largo, formando con ellas
„ una porcion de la Caxa del miſmo Pozo,
„ pero algo mas eſtrecha en la parte ſuperior.
„ Eſta Caxa la eſtablecen ſobre una pequeña
„ excavacion, y empiezan los Muros ſobre
„ las Maderas que forman el Cerco, elevando-
„ los haſta la altura, que mas acomoda. De-
„ xando la Obra en eſta diſpoſicion, conti-
„ nuan en ſacar la Arena por ſu centro, y à
„ proporcion que ſe adelanta la excavacion, ſe
„ deprimen los Muros por ſu propria grave-
„ dad, y por la que les aumenta la Arena ſupe-
„ rior, que empuja contra las tablas; de ſuerte,
„ que toda la Obra baxa con igualdad, haſta
„ la profundidad que conviene. Y como alter-
„ nativamente vàn creciendo los Muros, y
„ continuando la excavacion, concluyen el
„ Pozo ſin haber ſacado mas Arena que la ne-
„ ceſario para conſtruìrlo. De eſte modo ſe han
„ fabricado todos los Pozos, que hay en el
„ nuevo Arrabal de eſta Ciudad, llamado *Bar-*
„ *celoneta*, que eſtà fundado ſobre la Arena
„ que la Mar continuamente reſaca.

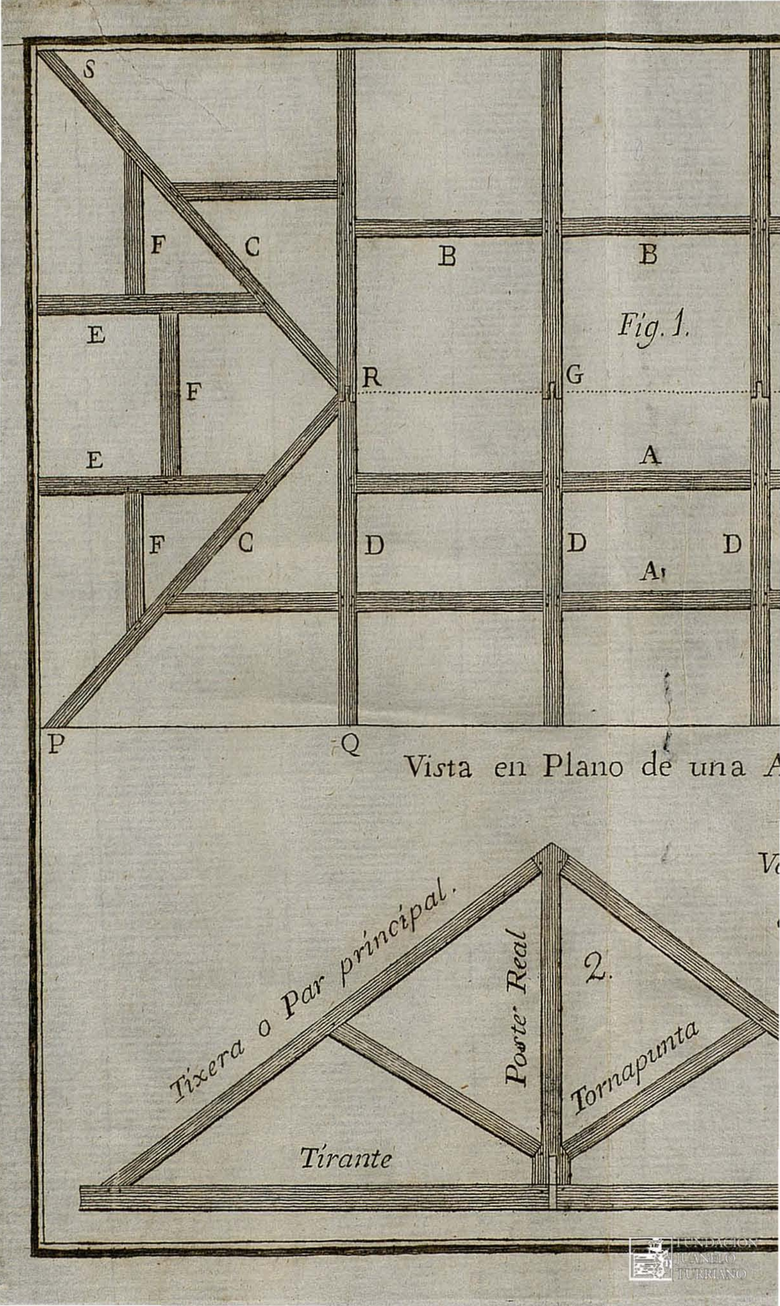
„ Si el Terreno donde ſe ha de hacer el
„ Pozo, no es tan movedizo como la Are-
„ na muerta, pero que no ſe pueden mante-
„ ner por sì miſmos los cortes de la excava-
„ cion, ſe ſigue una pràctica diſtinta: Abren
„ una excavacion de dos varas de profundidad,

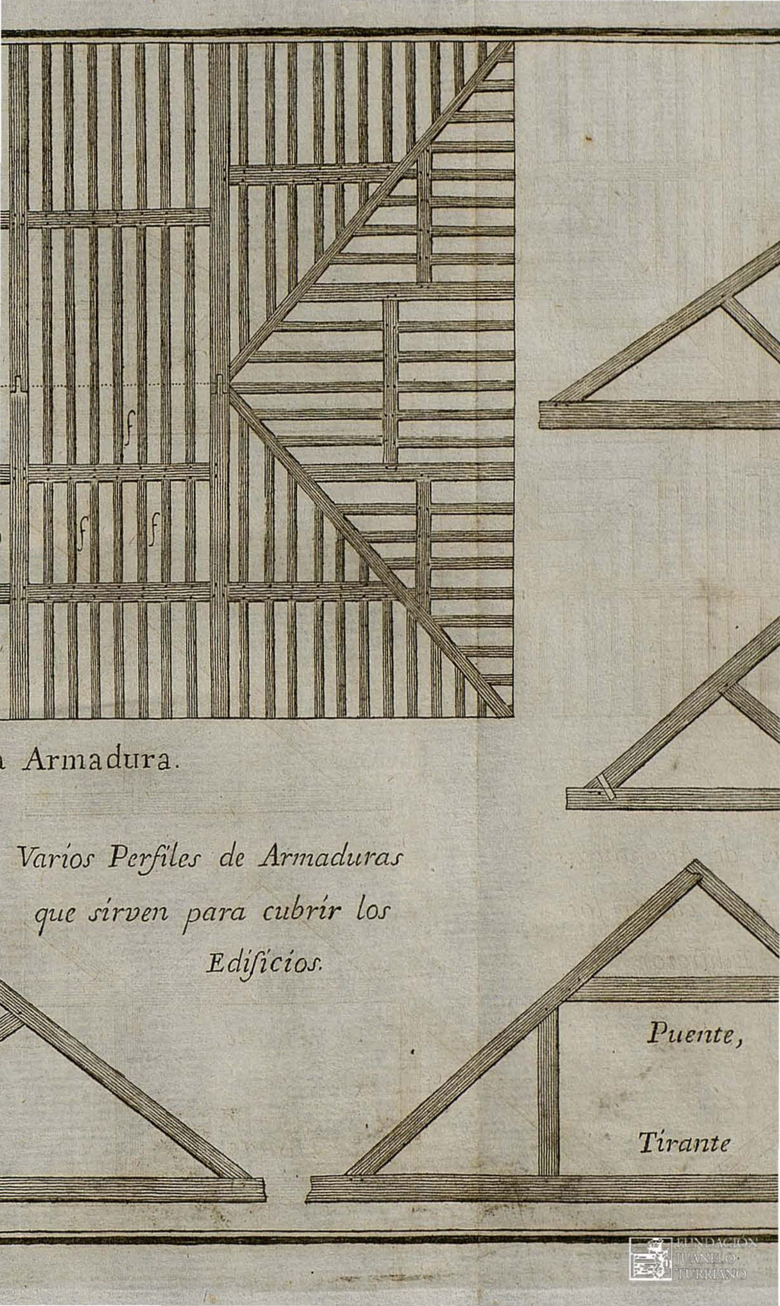
„ po-

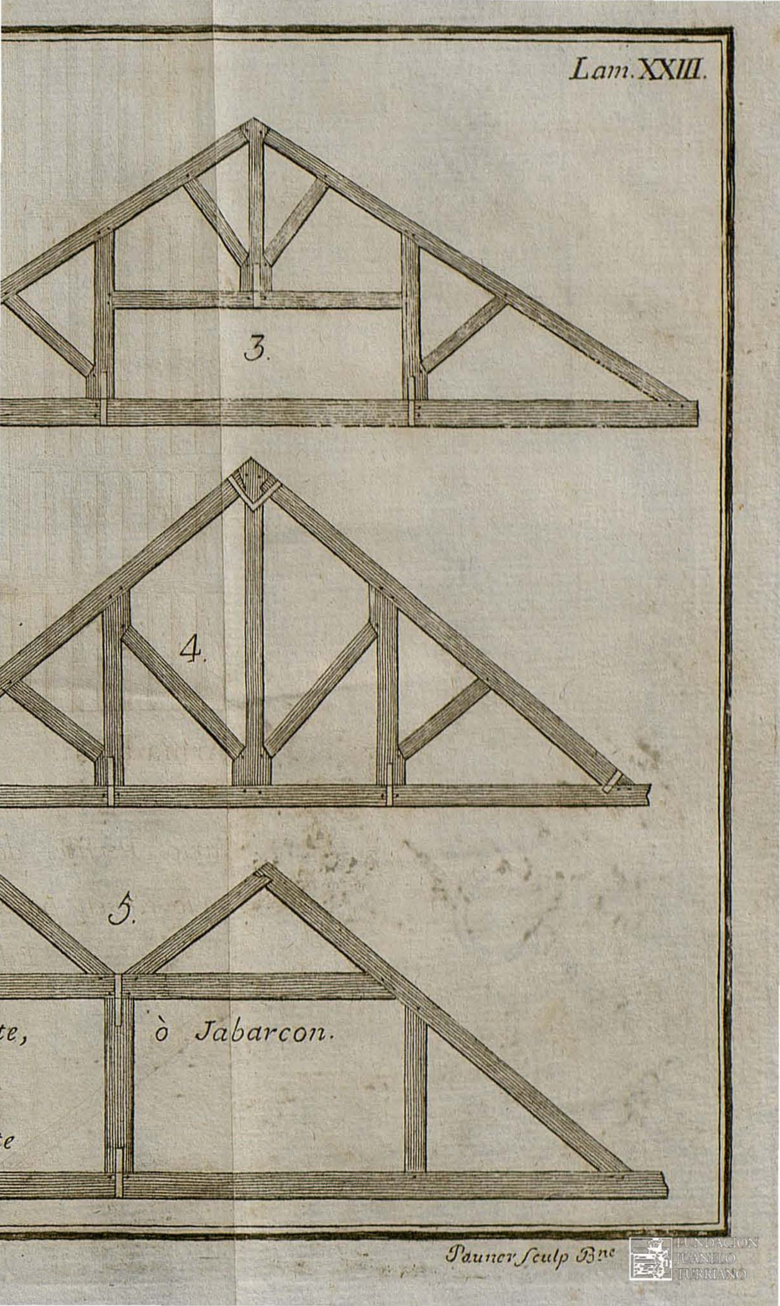


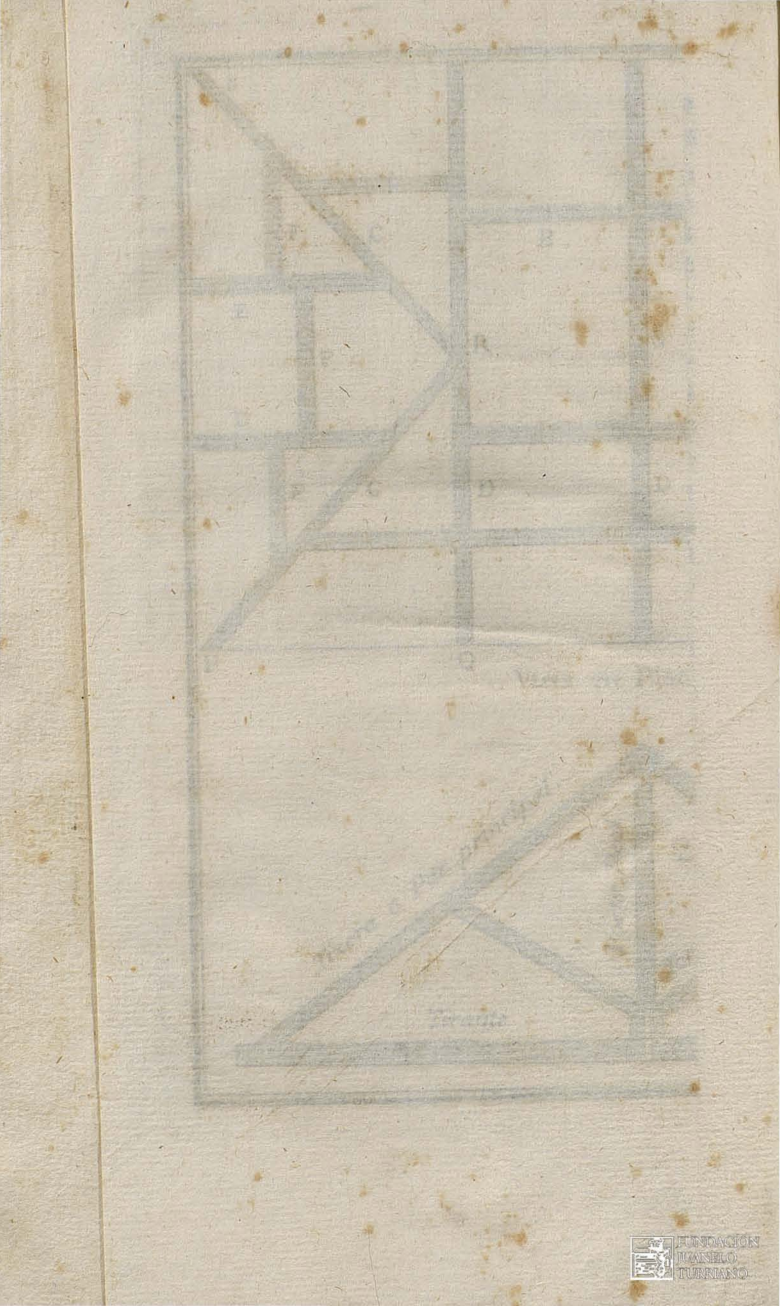


Pauner sculp Bne


S
F
C
B
B
Fig. 1.
E
F
R
G
E
A
F
C
D
D
D
A
P
Q
Vista en Plano de una A
Tixera o Par principal.
Poste Real
2.
Tornapunta
Tirante


f
f
f
a Armadura.
Varios Perfiles de Armaduras
que sirven para cubrir los
Edificios.
Puente,
Tirante


Lam. XXIII.
3.
4.
5.
te,
ò Jabarcon.
te
Pauner Sculp Bne
FUNDACION JUANELO TURRIANO



,, poco mas ò menos, y de la extencion que ,, conviene para la capacidad del Pozo: Seguidamente labran los Muros, que los eſtrechan ,, y ſujetan contra las Tierras, por medio de ,, Tablas, y Codales: Deſpues continuan la ,, excavacion haſta otra tanta profundad, y le ,, aplican ſus correſpondientes Muros, creciendolos haſta recibir los ſuperiores, que ,, quedaron como en el áire. De eſte modo ,, llevan el Pozo à la profundidad que conviene, ſin haber hecho mas excavacion de la ,, que es indiſpenſable para lograr el fin.

,, Debe advertirſe, que aſi como en los Pozos que ſe conſtruyen en la Arena muerta, ,, es conveniente que los Muros tengan ſu declivio exterior, para facilitar la depreſion de ,, la Obra, por ſu proprio peſo y el de la Arena que gravita contra las Tablas y Muros; ,, en los que ſe trabajan en Terrenos floxôs, ò ,, de mala conſiſtencia, es preciſo todo lo contrario, eſto es, conviene dexar el declivio en ,, las miſmas Tierras, para que (teniendo el ,, del Muro ſu baſe en la parte ſuperior) contribuyan à ſoſtener la Obra acodalada.

,, *Mr. Belidor* (*a*) explica la conſtruccion ,, de otra claſe de Pozos, que les llama *Puits* ,, *Fores* (Pozos Taladrados), que ſon muy ,, utiles en todos los parages donde ſe pueden ,, hacer; por que ſube el agua por sì miſma

 haſ-

(*a*) *La Science des Ingenieurs lib. 4. chap. 12.*

,, hasta poderla tomar à mano. Su fabrica con-
,, siste en clavar en el Terreno à golpes de
,, maza una Viga ò Madero grueso, taladra-
,, do por su Exe con un barreno de 3 pulga-
,, das de diametro: por este agujero se intro-
,, duce otra barrena adequada para penetrar
,, las diferentes materias que medien, hasta
,, encontrar el agua con abundancia; lo qual
,, se conoce quando brota, y fluye por la
,, cerbatana con mucha velocidad: y en este
,, caso importa suspender el barreno, para no
,, romper el lecho de Grega, ò Piedra que la
,, detiene en aquel parage; por que serìa po-
,, sible se difundiese por las entrañas de la
,, Tierra, y se malograse todo el trabajo. A este
,, agua le dàn el uso que conviene, distribuyen-
,, dola, desde un Reservatorio donde se acopia,
,, à las Fuentes publicas y particulares.

,, De esta forma, dice el proprio Autor,
,, se practican muchos Pozos en *Flandes*, en
,, *Alemania*, y en *Itilia*: en los quales suele as-
,, cender el agua hasta la altura de 18 pies so-
,, bre el nivel de la Campaña. Serìa muy pro-
,, vechoso, que en todas partes se pudiese ha-
,, cer este genero de Pozos: pero es verosimil,
,, que no tendràn lugar en los parages que no
,, estèn dominados inmediatamente por Mon-
,, tañas ò Terrenos elevados, que encierren
,, gran copia de aguas ò que contengan algun
,, Estaño ù Lago; pues naturalmente no pue-

„ de aſcender el agua por el barreno vertical, „ ſin que la obligue el mayor peſo ù altura „ que tenga en otra parte.

„ En las ſituaciones de mucha elevacion, „ no ſolamente ſon inpracticables los Pozos „ de eſta naturaleza, ſino tambien los ordina- „ rios, à menos que ſe llevaſen à una exceſiva „ profundidad; y aun en eſte caſo, ſiempre ſe „ aventura el no hallar agua de buenas calida- „ des para beberla. Eſte accidente impediria „ la edificacion de muchas Fortalezas ventajo- „ ſas, ſi no ſe hubieran diſcurrido las Ciſter- „ nas, que ſon unas Eſtancias ſubterraneas don- „ de ſe recoge, conſerva, y purifica el agua „ de las lluvias.

„ La capacidad de eſtas Ciſternas, ſe pro- „ porciona con la cantidad de agua neceſaria „ para el conſumo de la Plaza à lo menos en „ la duracion de un Sitio. Su diſpoſicion con- „ ſiſte en una ò mas Bovedas cilindricas, „ conſtruìdas à prueba de Bomba, y comuni- „ cables entre sì: Inmediato à ellas ſe hace „ un Expurgador, eſto es, otra Boveda peque- „ ña, que recibiendo primero el agua de las „ lluvias, y deteniendo las Tierras que ſuele „ acarrear, la fluye limpia à la Ciſterna por un „ Conducto, practicado à menor profundidad „ que el ſuelo del miſmo expurgador, y guar- „ necido con una ò dos rejillas eſpeſas, para „ que no ſe introduzcan pajas, ni broza algu-

,, na. Para usar y sacar el agua de la Cisterna,
,, se construye un Pozo seco à su lado, à quien
,, se le dà todos los dias el agua necesaria para
,, el consumo de la Guarnicion por medio de
,, un Conducto, que comunicando el fondo
,, de la Cisterna con el Pozo, se abre y cierra
,, con su Grifo de bronce. Esta precaucion es
,, muy importante para conservar limpia y
,, con primor el agua de las Cisternas, espe-
,, cialmente en tiempo de Sitio; por que la in-
,, troduccion de una Bomba en el Algibe, inu-
,, tilizarìa toda su agua. Asimismo, conviene
,, hacer una Escalera por donde se pueda baxar
,, à reconocer, limpiar, y reparar la Cisterna,
,, quando sea necesario; y al proprio intento
,, se dexa en el fondo, siempre que lo permita
,, su situacion, una Atarxea ò Canal, por don-
,, de se difundan las aguas à otro parage mas
,, baxo.

,, Determinada la disposicion, y circuns-
,, tancias que haya de tener la Cisterna, y des-
,, pues de haber hecho las correspondientes ex-
,, cavaciones, se ha de cubrir toda su extension
,, con un macizo de mamposterìa de 3 pies de
,, grueso, bien trabajado y unido, para que
,, sirva, no solo de Cimiento à los Muros prin-
,, cipales y de division, sino tambien para
,, base y firmeza de su pavimento, el qual
,, conviene hacerlo de tres Solerìas de Ladri-
,, llo asentado en mezcla fina.

,, Con-



,, Concluìdo el Suelo de la Cisterna, se
,, elevan sus Muros principales y de division,
,, hasta el arranque de las Bovedas, dandoles
,, los gruesos que correspondan al peso que
,, deben sostener, y construyendolos, ya sean
,, de Piedra ò ya de Ladrillo, con el mayor
,, cuydado imaginable, sirviendose de buen
,, Mortero de Cal y Arena, para que el todo
,, resulte tan unido y solido como sea posi-
,, ble. Los Muros principales se deben labrar
,, sin agujeros, ni mechinales para andamios;
,, pues estos se han de disponer sobre Borri-
,, quetes, à fin de que no quede hueco alguno
,, por macizar, ni por donde el agua pueda
,, abrirse camino, haciendo inutil la fabrica; y
,, aun al mismo intento serìa muy provechoso
,, cubrir los paramentos interiores de los Mu-
,, ros con dos Al'catados de Ladrillos, bien
,, trabados y pegados en mezcla fina; pero se
,, pueden escusar, siempre que los Materiales,
,, y trabajo sean de satisfaccion.

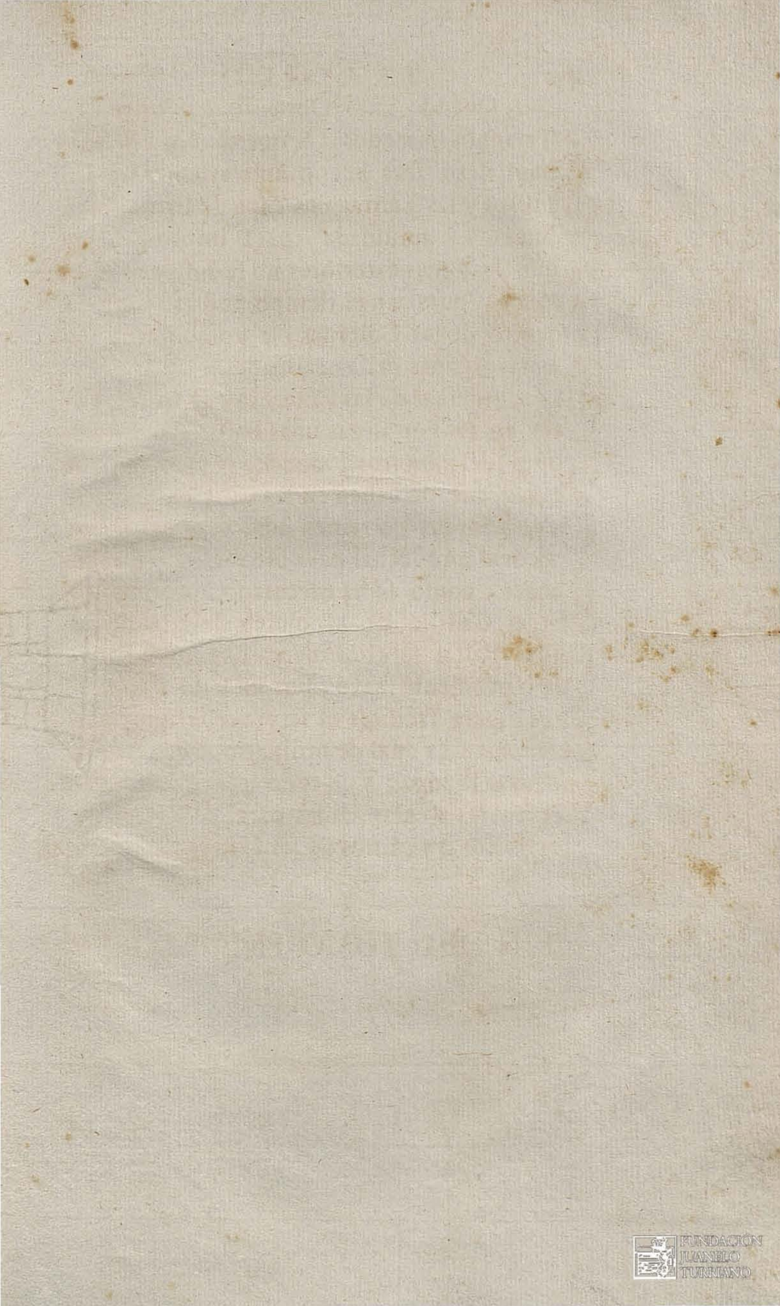
,, Las Bovedàs se construyen y se cubren
,, con las mismas precauciones, que se han
,, explicado en la Seccion IX, hablando de los
,, subterraneos. El Suelo de las Cisternas, co-
,, mo tambien los paramentos de los Muros
,, principales, hasta la mayor altura que tome
,, el agua, se deben jaharrar, y enlucir con al-
,, guno de los betunes ò argamasas que se ex-
,, presaron en la citada Seccion IX.

,, Quan-

,, Quando estas Obras se construyen en ,, Terrenos humedos, ò que abundan de ma- ,, nantiales, serà bueno aplicarles entre los ,, Muros y las Tierras una capa de Greda, bien ,, amasada y apisonada, para impedir mejor ,, que las aguas exteriores no se insinuen en el ,, Muro; pues con el tiempo podrìan filtrarse ,, dentro de las Cisternas, y comunicar à sus ,, aguas algunas malas calidades.

,, Ademàs de las Cisternas, se suelen ha- ,, cer en las Fortalezas unas Balsas, ò Estan- ,, ques descubiertos, donde se acopian las ,, aguas que no caben en las Cisternas, ò que ,, teniendo sus derrames àcia otra parte, se ,, pueden aprovechar para otros usos que el de ,, beber, como se ha executado una muy util ,, en el Castillo de Monjuich de esta Plaza. ,, Estas Balsas se construyen con una baxa- ,, da ò pendiente suave, por un lado à lo me- ,, nos, para facilitar el servicio del agua que ,, contienen, la qual de ordinario se destina pa- ,, ra lavar la ropa; y en todo lo demàs se ob- ,, servan las Reglas dadas para la fabrica de ,, los Suelos, y Muros de las Cisternas.

FIN DEL TOMO PRIMERO.



„ Quando estas Obras se construyen en Terrenos humedos, ò que abundan de manantiales, será bueno aplicarles entre los Muros y las Tierras una capa de Greda bien amasada y apisonada, para impedir mejor que las aguas exteriores no se infiltren en el Muro, pues con el tiempo podrian filtrarse dentro de las Cisternas, y comunicar à las aguas algunas malas calidades.

„ Ademàs de las Cisternas, se suelen hacer en las Fortalezas unas Balsas, ò Estanques descubiertos, donde se acopian las aguas que sobran de las Cisternas, ò que teniendo sus derrames ácia otra parte, se pueden aprovechar para otros usos que sea menester, como se ha executado una muy util en el Castillo de Montjuich de esta Plaza. Estas Balsas se construyen con una hoyada ò pendiente suave, para su aseo, y lo facil, para facilitar el servicio del agua que contienen, la qual se ordinariamente se destina para lavar la ropa; y en todo lo demas se observan las Reglas dadas para la fabrica de los Suelos, y Muros de las Cisternas.

FIN DEL TOMO PRIMERO.


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO


FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO